

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Infratekniikka

2015

Ossi Kaila

HIEKOITUSSEPELIN ELINKAARI JA UUSIOKÄYTTÖ TURUN KAUPUNGISSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Turun ammattikorkeakoulu

Tekniikka, ympäristö ja talous

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka

Ossi Kaila

Opinnäytetyö

HIEKOITUSSEPELIN ELINKAARI JA UUSIOKÄYTTÖ TURUN KAUPUN- GISSA

Hyväksytty

Turussa ____/____ 2015

Valvoja

DI Pirjo Oksanen

Koulutuspäällikkö

Tekn. lis. Esa Leinonen

Ossi Kaila

HIEKOITUSSEPELIN ELINKAARI JA UUSIOKÄYTTÖ TURUN KAUPUNGISSA

Tässä insinöörityössä tutkittiin, kuinka käytettyä hiekoitussepeä tulisi käsitellä, jotta sen sisältämä kiviaines saataisiin uuteen käyttöön varsinaisen hiekoituskauden jälkeen. Turun kaupungissa vanha hiekoitussepe sijoitetaan nykyään käytön jälkeen pääosin maankaatopaikalle, minkä vuoksi materiaalin elinkaari jääkin vain yhden talvikauden mittaiseksi. Tutkimus painottuu vanhan hiekoitussepeän analysointiin ja erilaisiin käsittelymenetelmiin, joilla materiaali voidaan puhdistaa sen seassa mahdollisesti piilevistä ja käyttöä rajoittavista haitta-aineista, kuten raskasmetalleista ja öljyistä. Materiaalin soveltuvuutta sellaisenaan esimerkiksi erilaisiin täyttöihin tai katujen rakennekerroksiin ei tässä tutkimuksessa käsitellä.

Vanhan hiekoitussepeän varastokasasta otettiin kevätharjausten yhteydessä 8 näytettä, joista tutkittiin rakeisuus. Lisäksi uudesta hiekoitussepeästä otettiin vertailunäyte. Rakeiden kuluneisuutta tutkittiin silmämääräisesti ja neljän näytteen hienoaineksista tutkittiin raskasmetallipitoisuudet akkreditoidussa laboratoriossa. Laboratoriotulokset osoittivat, että näytteitä ei voi pitää merkittävästi saastuneina raskasmetallien osalta. Koska näytteitä oli kuitenkin pieni määrä ja ne otettiin vain yhdestä varastokasasta, ei tuloksista voida tehdä täysin kattavia johtopäätöksiä materiaalin pilaantuneisuudesta.

Vanhaa hiekoitussepeä voidaan puhdistaa monin tavoin, ja sen seassa olevat haitalliset aineet on mahdollista erottaa kiviaineksesta tai tehdä ympäristölle vaarattomaksi. Kaikki käsittelymenetelmät eivät välttämättä sovellu vanhalle hiekoitussepeelle ja jotkin aiheuttavat sekundaarisia haittoja, kuten runsasta energian kulutusta, pesuvesien käsittelyä tai kuljetustarvetta, jolloin käsittely ei välttämättä ole mielekästä.

Käsittelyn tarkoituksena on erottaa haitalliset aineet vanhasta hiekoitusmateriaalista, jolloin kiviainesta voi käyttää raaka-aineena uusiotuotteille. Tällöin myös kiviaineksen elinkaari pitenee ja materiaali saadaan hyödynnetyksi.

ASIASANAT:

hiekoitus, talvikunnossapito, sepe, uusiokäyttö, kiviaines

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Community Infrastructure Engineering

2015 | 58 + 17 pages

Instructor: Pirjo Oksanen, M.Sc. (Civil Eng.)

Ossi Kaila

THE LIFE-CYCLE AND MATERIAL RECOVERY OF ANTI-SKID AGGREGATE IN THE CITY OF TURKU

The aim of this thesis was to study how used anti-skid aggregate should be processed to have the useable aggregate back in use after the winter season. In the city of Turku used anti-skid aggregate is placed in a landfill site after the use which means the life-cycle of this aggregate is only one winter season. This study focuses on analyzing the used anti-skid aggregate and different ways of cleaning the soil from unwanted components such as heavy metals and oils which may reduce the usability of the aggregate. The usability of old traction sand without any refining procedures for example for street construction layers or other land fillings is not studied in this thesis.

Eight samples of used anti-skid aggregate was taken from a storage pile to determine the grain size distribution and abrasion. Also a reference sample was taken from unused traction sand. The abrasion of old anti-skid aggregate was visually inspected and the heavy metals of four samples were determined in a certified laboratory. According to the laboratory results, the used traction sand was not particularly contaminated by heavy metals. However final conclusions cannot be drawn from the results because there were only four samples and they all were taken from the same storage pile.

Used anti-skid aggregate can be refined in many ways and the contaminated particles can be separated from the aggregate or made harmless to the environment. All these methods may not be suitable for refining used anti-skid aggregate and some methods will cause secondary harm such as high energy consumption, a need for waste water handling or transportation. These secondary harms could also make the handling unreasonable.

The aim of cleaning used anti-skid aggregate is to remove all the unwanted components of the aggregate. After the cleaning process the aggregate can be used as a raw material for different recycled products such as concrete and asphalt. This way the life-cycle of used anti-skid aggregate becomes longer and the material can be returned back in use.

KEYWORDS:

traction sanding, winter maintenance, crushed rock, material recovery, aggregate

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	9
2 KATUJEN LIUKKAUDENTORJUNTA	11
2.1 Yleistä	11
2.2 Kunnossapitoluokitukset ja vaatimukset	11
2.2.1 Ajouradat	12
2.2.2 Jalkakäytävät ja kevyen liikenteen väylät	13
2.3 Vastuualueet	13
2.4 Liukkaudentorjuntamenetelmät	14
2.4.1 Hiekoitus	15
2.4.2 Polanteen karhennus	15
2.4.3 Suolaus	16
2.4.4 Nastarenkaat ja liukuesteet	17
2.5 Liukkaudentorjunnan aloitusajankohta	18
2.6 Kalusto	18
2.7 Talvikunnossapidon ongelmia	19
2.7.1 Hiekoitussepin liikkuvuus kadulla	19
2.7.2 Kadunvarsipysäköinti	20
2.7.3 Talvikunnossapidosta aiheutuvat vauriot	21
3 HIEKOITUSSEPELI JA SEN KÄYTTÖ NYKYÄÄN	23
3.1 Materiaalin hankinta ja varastointi	23
3.2 Hiekoitussepin käyttö Turussa	24
3.3 Elinkaari	24
4 KATUPÖLY	26
4.1 Koostumus ja haitallisuus	26
4.2 Hiekoituksen vaikutus	27
4.3 Torjunta	28
5 HIEKOITUSMATERIAALIN KERÄYS	29
5.1 Yleiset vaatimukset	29
5.2 Keräysmenetelmät ja kalusto	31
5.3 Välivarastointi	32

5.4 Määrätietoja	32
5.5 Loppusijoitus	32
6 KÄYTETTY HIEKOITUSSEPELI	34
6.1 Käytön aiheuttamat muutokset	34
6.1.1 Rakeisuus ja hienojakoisen aineksen määrä	35
6.1.2 Humus ja roskaisuus	37
6.1.3 Rakeiden kuluneisuus	37
6.2 Pilaantuneisuus	38
6.2.1 Kynnys- ja ohjearvot	38
6.2.2 Raskasmetallit	40
6.2.3 Hiilivedyt	41
7 VANHAN HIEKOITUSSEPELIN KÄSITTELY	42
7.1 Käsittelyn tarkoitus	42
7.2 Lupakäytännöt	43
7.2.1 Ympäristölupa	43
7.2.2 Ilmoitusmenettely	43
7.2.3 Ympäristöluvan tarpeellisuus	44
7.2.4 Ympäristöluvan ja ilmoituksen hinta	44
7.2.5 Ympäristövaikutusten arviointimenettely	45
7.3 Käsittelymenetelmät	45
7.3.1 Stabilointi	45
7.3.2 Terminen käsittely	46
7.3.3 Pesu	46
7.3.4 Kompostointi	47
7.3.5 Eristäminen	47
7.3.6 Muut menetelmät	47
7.4 Käsittelymenetelmien soveltuvuustarkastelu	48
7.5 Hyödyntämiskelpoinen materiaali	49
8 KÄSITELLYN HIEKOITUSSEPELIN JATKOKÄYTTÖ	50
8.1 Materiaalien uusi kierto	50
8.2 Vaatimukset	50
8.2.1 CE-merkintä	50
8.3 Käyttökohteiden kartoitus	50
8.3.1 Betonituotteet	51

8.3.2 Asfaltti	53
8.4 Jatkotutkimukset	54
9 YHTEENVETO	55
LÄHTEET	57

LIITTEET

Liite 1. Hiekoitussepinäytteet	
Liite 2. Näytteiden vesipitoisuus	
Liite 3. Näytteiden seulontatulokset ja rakeisuuskäyrät	
Liite 4. Hiekoitussepin kuluneisuus	
Liite 5. Näytteiden raskasmetallianalyysin tulokset	
Liite 6. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007, liite	

KUVAT

Kuva 1. Vastuu katualueiden hoidosta ja ylläpidosta.	14
Kuva 2. Tien höyläyksestä johtuvia uria asfaltin pinnassa.	16
Kuva 3. Kenkien liukueste sekä polkupyörän ja auton nastarenkaat.	17
Kuva 4. Puutarhakadulla ajoradan reunalle kertynyttä hiekoitusmateriaalia.	19
Kuva 5. Siirtokehotuskyltti Heikkilänskadulla.	20
Kuva 6. Tyypillisiä talvikunnossapidon katuun aiheuttamia vaurioita.	21
Kuva 7. Uutta hiekoitussepeä.	23
Kuva 8. Hiekoitussepin metallinen varastosilo Nummen kaupunginosassa.	24
Kuva 9. Hiukkasten kokoverailu.	27
Kuva 10. Eri työvaiheita katujen siivouksessa.	31
Kuva 11. Hämeensillalla ajoradan reunalla olevaa hienojakoista ainesta.	33
Kuva 12. Käyttämätöntä (A) ja käytettyä hiekoitussepeä (B).	34
Kuva 13. Seulalle jäänyttä hienojakoista ainesta.	35
Kuva 14. Vanhan hiekoitussepin seassa olevia lehtiä ja muuta humusta.	37
Kuva 15. Hiekoitussepin kuluminen.	38
Kuva 16. Betonikiven poikkileikkaus.	52
Kuva 17. Betonikiveystä liikenneympyrän saarekkeella.	53

KUVIOT

Kuvio 1. Hiekoitussepin elinkaari.	25
Kuvio 2. Rakeisuuskäyrät uudelle ja vanhalle hiekoitussepinille.	36
Kuvio 3. Maaperän pilaantuneisuuden luokittelu.	39
Kuvio 4. Vanhan hiekoitussepin käsittelyn periaatteet ja tavoitteet.	42

TAULUKOT

Taulukko 1. Liukkaudentorjunnan ajoitus ajoradoilla.	12
Taulukko 2. Liukkaudentorjunnan ajoitus kevyen liikenteen väylillä.	13
Taulukko 3. Hiekoituksen määrän vaikutus ilman hiukkaspitoisuuteen.	28
Taulukko 4. Hiekoitussepin poisto kaduilta kunnossapitoluokittain.	30
Taulukko 5. Hiekoitussepin poisto kevyen liikenteen väyliltä ja muilta yleisiltä alueilta kunnossapitoluokittain.	30
Taulukko 6. Tutkittujen näytteiden raskasmetallipitoisuudet.	40
Taulukko 7. Yhteenveto pilaantuneen maaperän käsittelymenetelmistä.	48
Taulukko 8. Hyödyntämiskelpoinen materiaali seulontatulosten perusteella.	49

1 JOHDANTO

Talvikaudella liukkautta torjutaan raekooltaan sopivalla hiekoitussepelillä, lumen ja jään poistolla, suolaamalla sekä nastoilla, liukuesteillä ja muilla pitoa lisäävillä apuvälineillä. Hiekoitusmateriaalina käytetty kiviaines kuitenkin kuluu, likaantuu ja hienontuu käyttönsä aikana niin, ettei sitä voi enää sellaisenaan käyttää liukkaudentorjuntaan seuraavana talvikautena. Turun kaupungissa suurin osa kerätyistä hiekoitussepeleistä sijoitetaan käyttönsä jälkeen maankaatopaikalle, jolloin liukkaudentorjuntaan käytetyn hiekoitussepin elinkaari jää vain yhden talvikauden mittaiseksi. Kaikkein likaantunein ja hienoin, yleensä liikennealueilta ja ajoratojen reunoilta imulakaisukoneella kerätty aines, sijoitetaan sen sijaan Topinojan kaatopaikalle. (Tuotantojohtaja M. Kunttu, Turun Seudun Kuntatekniikka Oy, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2013.)

Liukkaudentorjuntaan soveltuvalle sepelille on asetettu korkeita laatuvaatimuksia. Turussa käytettävälle uudelle hiekoitusmateriaalille asetettavia vaatimuksia ovat muun muassa oikea raekoko ja -muoto, materiaali on kalliomursketta, ei sisällä hienoainesta eikä epäpuhtauksia sekä on ilmakeiivattua.

Edellä mainittujen vaatimusten täyttäminen edellyttää runsaasti uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä joka vuosi. Tällainen kertakäyttöisyys on pitkällä aikavälillä ympäristön kannalta epäsuotuisaa, ja sen takia olisikin hyvä kehittää uudenlaisia toimintatapoja ja sovelluksia vanhan hiekoitussepin käsittelyyn, jotta sen järkevä uusiokäyttö olisi mahdollista. Pitkälle jalostetun kiviaineksen hyödyntäminen muuhun käyttöön jää saavuttamatta, kun vanha hiekoitusmateriaali sijoitetaan käyttönsä jälkeen suoraan maankaatopaikalle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia koko hiekoitusprosessia, käytetyn hiekoitussepin ominaisuuksia, sen sisältämiä haitta-aineita ja sitä, millä tavalla vanhaa hiekoitussepeleä tulisi käsitellä, jotta sen elinkaari saataisiin pidemmäksi ja materiaali soveltuisi liukkauden torjunnan jälkeen muuhunkin käyttöön kuin loppusijoitettavaksi. Tärkeäksi kysymykseksi nousee myös millä tavalla vanhan hiekoitussepin seassa olevat jatkokäyttöä rajoittavat aineet, kuten raskasme-

tallit, kloridit ja humus, saadaan eroteltua hyödynnettävissä olevasta kiviaineksesta. Käsittelyn jälkeisenä näkökulmana onkin tutkia, millä tavalla vanhaa hiekoitussepeä voisi käyttää esimerkiksi uusiutuotteiden raaka-aineena ja miten materiaali täyttää raaka-aineille asetettuja laatuvaatimuksia. Käsittely pidentäisi kiviaineksen elinkaarta ja säästäisi kaatopaikkatilaa sekä kallioluonnonvaroja, mutta se vaatii myös työpanoksia.

Vanhan hiekoitusmateriaalin soveltuvuutta sellaisenaan esimerkiksi erilaisiin täyttöihin tai katujen rakennekerroksiin ei tässä tutkimuksessa käsitellä, sillä asiasta on jo olemassa aiempia tutkimuksia.

Tämän opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Turun Seudun Kuntatekniikka Oy:n ja Turun kaupungin kanssa. Turun Seudun Kuntatekniikan puolelta yhteyshenkilönä toimi kunnossapitoyksikön tuotantojohtaja Mikko Kunttu sekä Turun kaupungin puolelta kiinteistöliikelaitoksen katuinsinööri Heidi Jokinen. Opinnäytetyön ohjaajana toimi Turun ammattikorkeakoulun lehtori Pirjo Oksanen.

2 KATUJEN LIUKKAUDENTORJUNTA

2.1 Yleistä

Liukkaudentorjunta on tärkeä osa talvikunnossapitoa. Sillä pyritään pitämään liikenne- ja jalankulkuväylät turvallisessa ja liikennöitävässä kunnossa sekä ehkäisemään liukastumisia ja onnettomuuksia. Arvioiden mukaan jalankulkijoiden liukastumis- ja kaatumistapaturmista aiheutuvat kustannukset ovat nelinkertaiset talvihoidon kustannuksiin nähden (Suomen Kuntaliitto 2007, 7).

2.2 Kunnossapitoluokitukset ja vaatimukset

Liukkaudentorjunnan laatuvaatimuksiin kuuluu, että sekä ajoratojen että kevyen liikenteen väylien tulee aina olla turvallisia käyttää. Väylien kunnossapitoa voidaan priorisoida kunnossapitoluokituksella, jolla ne asetetaan hoidon mukaiseen kiireellisyysjärjestykseen (Suomen Kuntaliitto 2007, 12). Liukkaudentorjunnan kannalta erityisiä kohteita ovat muun muassa risteysalueet, suojatiet, sillat, alikulut, jyrkät mäet, linja-autopysäkit, luiskat ja portaat. Saman kunnossapitoluokan väylät tulee pitää yhdenmukaisessa kunnossa, ja liukkaudentorjunta tulee uusida tai täydentää, mikäli se on tarpeellista. (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013.)

Sekä ajoratojen että kevyen liikenteen väylien liukkaudentorjunnassa materiaalina tulee Turussa käyttää kalliomursketta, jonka ohjeellinen rakeisuus on 2–5 mm. Ennen työn aloitusta materiaali tulee kuitenkin hyväksyttää tilaajalla. Hiekoitussepin ohjeellinen levitysmäärä on $0,3 \text{ m}^3/1\,000 \text{ m}^2$, ja työn laatu todetaan silmämääräisesti. Suolaa tai muuta tahraavaa ainetta ei saa käyttää kevyen liikenteen väylillä, mutta ajoradoilla käytettäessä siitä tulee sopia erikseen tilaajan kanssa. (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013.)

2.2.1 Ajoradat

Turussa ajoratojen talvikunnossapito ja liukkaudentorjunta jaotellaan kolmeen eri kunnossapitoluokkaan. Kunnossapitoluokat määräytyvät väylien liikenteellisen merkittävyyden mukaan siten, että luokkaan I kuuluvat kaikkein merkittävimmät kadut ruutukaava-alueella, alueelliset pääkadut ja kaupunkiin johtavat pääväylät. Kunnossapitoluokka II täydentää ensimmäistä luokkaa, ja sen piiriin kuuluvat esimerkiksi lähiöiden kokoojakadut ja joukkoliikennereitit. Muut ajoradat kuuluvat kunnossapitoluokkaan III, ja niiden liukkaudentorjunta suoritetaan mahdollisimman pian II-luokan jälkeen. (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013.) Taulukossa 1 on esitetty liukkaudentorjunnan ajoitus ajoradoille eri kunnossapitoluokissa.

Taulukko 1. Liukkaudentorjunnan ajoitus ajoradoilla (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013).

Kunnossapitoluokka	Liukkaudentorjunnan ajoitus
I	Liukkaudentorjunta on aloitettava riittävän ajoissa, jotta katu on kunnossa ennen liikenteen huipputunteja. Ajorata käsitellään yhtenevästi tarvittavilta osin. Tarvittaessa tärkeimmät paikat voidaan käsitellä ensin ja tämän jälkeen täydentää käsittelyä muun ajoradan osalta.
II	Liukkaudentorjunta on aloitettava tärkeimpien paikkojen osalta riittävän ajoissa, jotta katu on kunnossa ennen liikenteen huipputunteja. Muu osa ajoradoista käsitellään mahdollisimman pian tämän jälkeen ja täydennetään tarvittaessa. Vain erittäin liukkaiden kielten vallitessa tehdään yhtenäinen käsittely.
III	Liukkaudentorjunta tulee tehdä tarvittavilta osin mahdollisimman pian kunnossapitoluokan II jälkeen. Yleensä vain vaarallisimmat kohdat käsitellään.

2.2.2 Jalkakäytävät ja kevyen liikenteen väylät

Jalkakäytävillä, pyöräteillä ja muilla yleisillä alueilla talvikunnossapito ja liukkaudentorjunta jaetaan kahteen kunnossapitoluokkaan. Luokkaan I kuuluvat kevyen liikenteen väylien tärkeimmät reitit ja luokkaan II kaikki muut kevyen liikenteen väylät. Kevyen liikenteen väylät pyritään käsittelemään ennen vastaavan luokan ajoratoja. (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013.) Taulukossa 2 on esitetty liukkaudentorjunnan ajoitus kevyen liikenteen väylillä eri kunnossapitoluokissa.

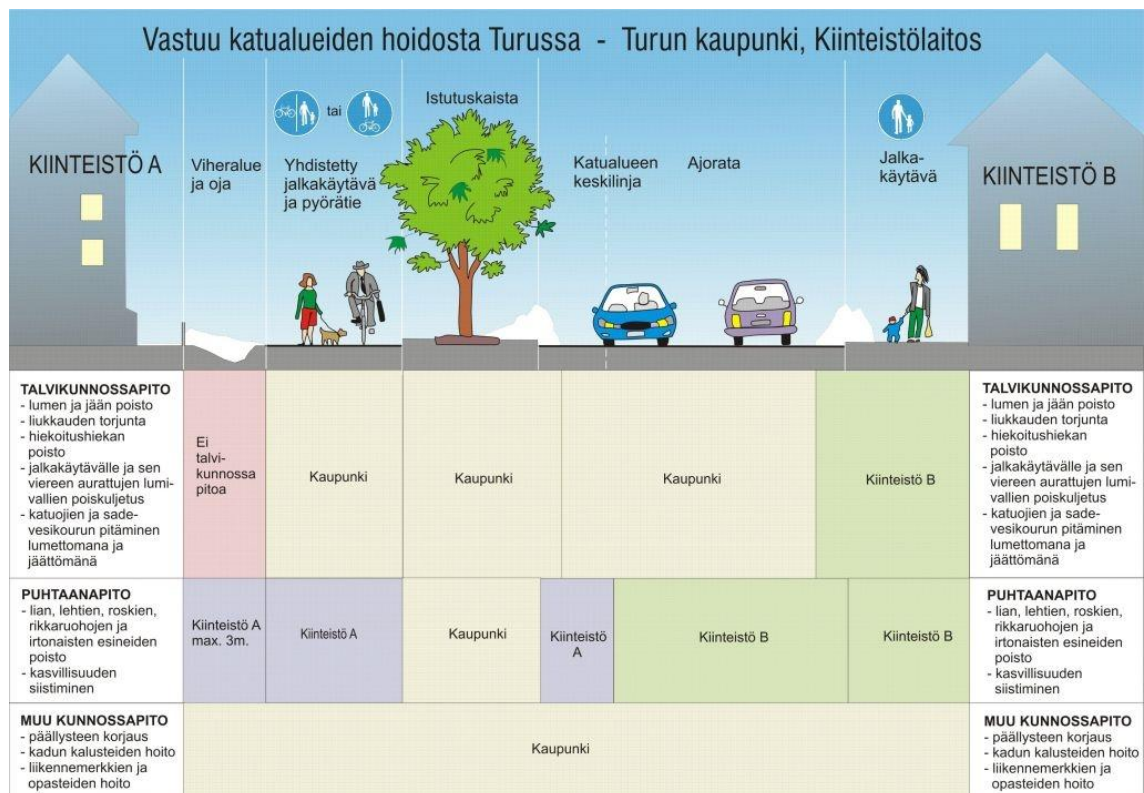
Taulukko 2. Liukkaudentorjunnan ajoitus kevyen liikenteen väylillä (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013).

Kunnossapitoluokka	Liukkaudentorjunnan ajoitus
I	Liukkaudentorjunta on aloitettava riittävän ajoissa, jotta väylä on kunnossa ennen liikenteen huipputunteja. Väylät käsitellään koko pituudeltaan. Tarvittaessa käsittelyä täydennetään.
II	Liukkaudentorjunta on aloitettava tärkeimpien paikkojen osalta riittävän ajoissa, jotta väylä on kunnossa ennen liikenteen huipputunteja. Muu osa väylistä käsitellään mahdollisimman pian tämän jälkeen ja täydennetään tarvittaessa.

2.3 Vastuualueet

Katujen kunnossapitovelvoite kuuluu kadunpitäjälle eli pääsääntöisesti kunnalle. Turussa kadunpitäjänä toimii Kiinteistöliikelaitos, ja se huolehtii kunnan vastuulle kuuluvien katujen kunnossapidosta (Turun kaupunki, 2007a). Katujen varsilla olevien kiinteistöjen velvollisuus on sen sijaan huolehtia kiinteistöön rajautuvien jalkakäytävien talvikunnossapidosta sekä koko katualueen yleisestä puhtaanapidosta katualueen keskilinjaan saakka. Talvikunnossapito kiinteistöjen osalta käsittää lumenaurauksen, liukkaudentorjunnan, lumivallien poiston, sa-

devesijärjestelmien jäättömänä pidon sekä hiekoitusmateriaalin poiston. Kunta voi myös päätöksellään ottaa hoitaakseen asemakaava-alueella sijaitsevien kiinteistöjen talvikunnossapidon, jolloin vastuu alueiden hoidosta siirtyy kunnalle. Tällöin kunta voi myös periä kiinteistönomistajilta maksua hoitamastaan kunnossapitotyöstä. Pyöräteiden, rakenteellisesti yhdessä olevien jalankulku- ja pyöräteiden sekä istutusalueiden talvikunnossapito kuuluu kuitenkin kunnalle talvellakin. (Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta 669/1978, 4. §, 8. §.) Vastuu katualueiden hoidosta on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Vastuu katualueiden hoidosta ja ylläpidosta (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos).

2.4 Liukkaudentorjuntamenetelmät

Liukkautta torjutaan kaupunkiolosuhteissa monin eri tavoin. Tavoitteena on lisätä pinnan kitkaominaisuuksia, ja tämä tapahtuu joko mekaanisesti eli hiekoituksella ja polanteen karhentamisella tai vaihtoehtoisesti kemiallisesti eli suolaa-

mallalla. Kaupunkien keskustoissa ja muilla keskeisillä paikoilla saattaa osa jalkakuväylistä olla myös lämmitettyjä, jolloin väylät pysyvät talvella sulina ja kiviä kaikkein pahimpia lumimyräköitä lukuun ottamatta. Katulämmitys vähentää talvikunnossapidon ja liukkaudentorjunnan tarpeen lähes kokonaan (SKTY 2003, 38).

2.4.1 Hiekoitus

Hiekoitus on hyvin tärkeä liukkaudentorjunnan menetelmä erityisesti jalkakäytävillä ja kevyen liikenteen väylillä. Valtaosa Turussa levitettävästä hiekoitussepeleistä meneekin juuri kevyen liikenteen väylien liukkaudentorjuntaan. Hiekoitusta käytetään myös asfalttipäällysteisten ajoratojen liukkaudentorjunnassa, mutta ajoradoille hiekoitussepeleä levitetään pääosin pistehiekoituksena strategisiin kohteisiin, kuten mäkiin, risteysalueille, bussipysäkeille sekä muihin potentiaalisesti vaarallisiin paikkoihin. Lisäksi kaupungin yleiset pysäköintialueet, aukiot ja torit kuuluvat hiekoitettaviin kohteisiin. (Kunttu 2013.)

Soratiet, kevyen liikenteen väylät sekä asuntokadut, joilla ei ole jalkakäytäviä, käsitellään linjahiekoituksella. Linjahiekoitus tarkoittaa, että koko kohde ajetaan hiekoitusajoneuvolla läpi ja hiekoitetaan kauttaaltaan. Pahimmiksi tiedetyt paikat ajetaan talvikaudella kuitenkin päivittäin läpi ja hiekoitetaan, jos se on tarpeellista. (Työpäällikkö K. Kauppila, Turun Seudun Kuntatekniikka Oy, henkilökohtainen tiedonanto 20.12.2013.)

2.4.2 Polanteen karhennus

Tien pinnalle satanut ja pakkautunut lumi saattaa muodostaa hyvin jäisen ja epätasaisen pinnan eli niin sanottua polannetta. Kaistojen ja ajourien väliin voi myös muodostua varsin suuria korkeusvaihteluja ja jyrkkiä reunoja, jotka tekevät tiestä vaikeakulkuisen ja vaarallisen estäen samalla esimerkiksi keväällä sulamisvesien valumisen tieltä. (Tiehallinto 2001, 31, 33.)

Polanteen tasauksella poistetaan tien pinnalla olevia jääharjanteita, jolloin pinnasta tulee rikkonaisempi sekä tasaisempi ja renkaiden pito paranee. Polanteen karhentaminen voidaan tehdä esimerkiksi kuorma-auton aluslevyllä tai tiehöylällä. (Tiehallinto 2001, 31–32.) Lopputulos on siisti ja turvallinen väylä, mutta haittapuolena höyläys usein raapii asfaltin pintaan ja viemäreiden kansistoihin syviä uurteita sekä rikkoo katujen reunakiviä. Kuvassa 2 on polanteen karhentamisesta aiheutuneita uria asfaltin pinnassa.



Kuva 2. Tien höyläyksestä johtuvia uria asfaltin pinnassa.

2.4.3 Suolaus

Liukkaudentorjuntaan käytettävä suola on pääsääntöisesti natriumkloridia NaCl. Se voidaan levittää joko kostutettuna raemuodossa tai liuoksena, mutta suuren hävikin vuoksi sitä ei saa levittää täysin kuivana. Suolauksen avulla kadun pinta pysyy sulana vielä pikkupakkasella. Suolauksessa on erityisen tärkeää oikea ajoitus, sillä suolaa käytetään usein ennakoon estämään tienpinnan jäätyminen. (Tiehallinto 2001, 36–37.)

Turussa suolaa ei kuitenkaan saa käyttää kevyen liikenteen väylillä ja jalkakäytävillä, sillä se tahraa kengät ja kulkeutuu niiden mukana myös sisätiloihin (Kunttu 2013). Suolan käyttö jalankulkuväylillä lisäisi tuntuvasti siivouksen tarvetta etenkin kaupoissa, ostoskeskuksissa ja rappukäytävissä.

2.4.4 Nastarenkaat ja liukuesteet

Tieliikenteessä liukkaudesta johtuvia onnettomuuksia pyritään estämään autojen talvirenkailla, jotka voivat olla joko nastalliset tai nastattomat eli kitkarenkaat. Talvirenkaiden käyttö on pakollista 1.12.–28.2., mutta käyttöaika ulottuu marraskuun alusta aina maaliskuun loppuun asti tai olosuhteiden vaatiessa vielä myöhempäänkin (Trafí 2014). Polkupyöriin on nykyään saatavilla myös runsaasti nastarenkaita, jotka ovat mahdollisesti edistäneet talvipyöräilyn kasvanutta suosiota. Myös kenkiin on nykyisin saatavilla suuri määrä erilaisia liukuesteitä, jotka parantavat pitoa ja ehkäisevät liukastumisia. Kuvassa 3 on kenkien kantaosaan kiinnitettävä liukueste sekä talviolosuhteisiin soveltuvat nastarenkaat.



Kuva 3. Kenkien liukueste sekä polkupyörän ja auton nastarenkaat.

Joissakin kaupungeissa suoritetaan asukkaiden kenkien nastoittamista ilmaiseksi, koska ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä sen on katsottu olevan huomattavasti halvempaa kuin liukastumisista aiheutuvien vammojen, kuten esimerkiksi ranne- tai lonkkamurtumien hoito. Porin kaupunki aloitti ilmaisen kenkien nastoittamisen jo vuonna 1996, ja se on hiljalleen levinnyt myös muihin Suomen kaupunkeihin (Karhunpalvelus 2004). Turun seudulla esimerkiksi Raision kaupunki tarjoaa ilmaista kenkien nastoituspalvelua, joka on suunnattu erityisesti

liukastumistapaturmien riskiryhmään kuuluville ikäihmisille (Raision kaupunki 2014). Tendenssinä näyttäisikin olevan, että liukkautta ei enää torjuta pelkäämään liukkaiden tienpintojen käsittelyllä, vaan sen rinnalla kulkevat myös muut tavat ehkäistä liukastumisia. Tämä vaikuttaisi olevan järkevää, sillä äkillisesti muuttuviin olosuhteisiin ei välttämättä ehditä aina reagoida tarpeeksi ajoissa ja kaikkea kaduilla esiintyvää liukkautta ei kuitenkaan voida koskaan täysin poistaa.

2.5 Liukkaudentorjunnan aloitusajankohta

Ennakointi ja olosuhteiden huomioon ottaminen on hyvin tärkeää liukkaudentorjunnan onnistumisessa. Sääolosuhteet määrittävät, milloin liukkaudentorjuntaan tulisi ryhtyä ja aloitus saattaa olla hyvinkin eriaikainen kulloisestakin vuodesta ja sen sääolosuhteista riippuen. Hiekoitus aloitetaan vasta silloin, kun pakkasia ja liukkautta tulee. Voimakkaat lauhtumiset ja lämpötilanvaihtelut 0 °C:n molemmiin puolin lisäävät usein liukkautta ja hiekoituksen tarvetta, mutta pitkät tasaiset pakkasjaksot pitävät olosuhteet sellaisina, ettei hiekoitusta tarvitse lisätä. Lumisade lisää aurauksen tarvetta ja aurauksen jälkeen tulisi myös aina hiekoittaa. (Kauppila 2013.)

2.6 Kalusto

Liukkaudentorjunnassa ja talvikunnossapidossa pyritään käyttämään mahdollisuuksien mukaan samaa kalustoa kuin ympärivuotisessa katujen kunnossapidossa. Usein tämä vaatii, että työkoneeseen asennetaan talvikunnossapitoon vaadittavia lisälaitteita, kuten lumiauroja ja hiekoittimia. Turussa talvikunnossapidossa käytetään enimmäkseen Wille-työkoneita, kuorma-autoja ja lakaisukoneita, joihin on asennettu talvikunnossapitoon tarvittavat lisälaitteet. (Kunttu 2013.)

2.7 Talvikunnossapidon ongelmia

2.7.1 Hiekoitussepin liikkuvuus kadulla

Ajoradoille levitettävä hiekoitussepi estää liukkautta yleensä vain hetken aikaa. Tämä johtuu siitä, että hiekoitussepi lentää ohiajavier ajoneuvojen renkaista nopeasti tien sivuun tai ajokaistojen väliin, jolloin se ei enää palvele liukkauden torjunnassa. Tämän vuoksi ajoratojen hiekoittaminen voi pitkällä aikavälillä olla hyödyltään kyseenalaista. Pahimman liukkauden aikaan hiekoitus palvelee hetkellisesti, mutta tämän jälkeen sepi ajautuu nopeasti tien sivuun, jolloin siitä ei ole enää mitään hyötyä liukkaudentorjunnassa ja samalla se muodostaa pohjan katupölyongelmalle ja kaupunkikuvaa heikentävän esteettisen ongelman. Erityisesti bussipysäkkien taskut koetaan ongelmallisia ja liukkaiksi hyvin monissa keliolosuhteissa (Kunttu 2013). Asiaan liittyy oleellisesti edellä mainittu ongelma hiekoitussepin ajautumisesta pysäkkitaskun reunaan. Kuvassa 4 on ajoradan reunalle kertynyttä hiekoitussepiä sekä muuta irtonaista ainesta ja roskaa.



Kuva 4. Puutarhakadulla ajoradan reunalle kertynyttä hiekoitusmateriaalia.

2.7.2 Kadunvarsipysäköinti

Erityisesti ruutukaava-alueen ja sen ympäristön ahtaammille kaduille pysäköidyt ajoneuvot ovat usein tiellä ja tuottavat hankaluuksia kunnossapidolle. Tämän vuoksi Turun kaupunki on pystyttänyt vuoden 2013 aikana kunnossapidon kannalta kriittisille paikoille pysyviä siirtokehotuskylttejä, jolloin pysäköinti on kielletty parillisina tai parittomina viikkoina kyltissä mainittuna viikonpäivänä ja kellon aikana. Siirtokehotusmerkkejä on käytetty esimerkiksi Helsingissä ja Tampereella, ja kokemukset niistä ovat olleet hyviä. Kylttien avulla pyritään saamaan kunnossapidon vaatima katutila vapaaksi, jolloin työkohteen hoitaminen helpottuu ja ajoneuvojen lähisiirtoja ei tarvita. (Katuinsinööri H. Jokinen, Turun kaupunki, henkilökohtainen tiedonanto 31.1.2014.) Kuvassa 5 on uusi siirtokehotuskyltti Port Arthurin kaupunginosassa. Kadun kummallakin puolella olevat siirtokehotukset ovat voimassa yleensä eri aikaan, jolloin pysäköinti kadun varrella on aina mahdollista. Siirtokehotusmerkkien taustapuolella on myös samanlainen auton siirtoa kuvaava symboli kuin kyltin etupuolellakin, jotta ihmiset osaisivat kiinnittää siirtokehotukseen enemmän huomiota ennen kuin pysäköivät autonsa.



Kuva 5. Siirtokehotuskyltti Heikkiläkadulla.

Kunnossapidolle on laadittu puhdistussuunnitelmat, ja ne ovat nähtävillä kaupungin nettisivuilla. Tarpeen vaatiessa siirtokehotus voidaan myös peruuttaa, mikäli kunnossapitotyölle ei olekaan tarvetta. Kaupunki tarjoaa myös ilmaisen tekstiviestipalvelun, jolloin tiedot puhdistettavista kohteista saa matkapuhelimeensa. (Turun kaupunki 2014a.)

2.7.3 Talvikunnossapidosta aiheutuvat vauriot

Lumen auraus ja erityisesti polanteen karhennus aiheuttavat asfalttipinnan ja betonisten reunakivien naarmuuntumista ja vaurioitumista. Kadun reunakiviä voi haljeta ja jopa kokonaan irrota paikoiltaan lumenaurauksen yhteydessä. Aurausta pyritään helpottamaan auraskepein, jolloin aurankuljettajan on helpompi hahmottaa tien geometria syvässä lumessa. Lumen kasaaminen nurmialueille aiheuttaa myös pensaiden ja kasvillisuuden vaurioitumista, mikäli lunta on kertynyt suuria määriä. Kuvassa 6 on muutama esimerkki talvikunnossapidosta johtuvista kadulle aiheutuneista vaurioista.



Kuva 6. Tyypillisiä talvikunnossapidon katuun aiheuttamia vaurioita.

Liikenteenjakajien reunakivien vahingoittuminen ja asfaltin naarmuuntuminen on hyvin yleistä. Vaurioituminen aiheuttaa korjaustarvetta sekä lisää kadun pinnalla olevaa irtainta hiukkasmassaa, joka kuluttaa asfalttia ja edistää pölyongelmaa. Päällysteen rikkoutuminen myös edistää asfaltin kulumista ja sen uusimistarvetta. Yleisestikin vauriot heikentävät kadun siisteyttä ja yleisilmettä. Kunnossapidosta aiheutuvia vaurioita voi olla vaikea välttää, sillä lunta ja jäätä voi välillä olla niin paljon, että sen poistaminen kaduilta aiheuttaa väkisinkin auralevyn kontaktia kadun pintaan ja muihin rakenteisiin. Myös kapeat kadut voivat olla hankalia koneelliselle kunnossapidolle ja työn ohella koneet voivat vahingossa kolhia kadun kalusteita.

3 HIEKOITUSSEPELI JA SEN KÄYTTÖ NYKYÄÄN

3.1 Materiaalin hankinta ja varastointi

Turun kaupungissa käytettävä hiekoitusmateriaali on kalliomursketta, ja se hankitaan syksyllä tarjouskilpailun perusteella ennen hiekoituskauden alkua. Tarjouskilpailussa mukana olevia toimittajia ovat olleet muun muassa NCC Roads, Destia ja Rudus. Viime vuosina materiaalin toimittajaksi on valikoitunut edullisimman hintansa perusteella Rudus, jonka toimittama hiekoitussepeleli on peräisin Piikkiöstä Ohikulkutien varrelta. Hiekoitusmateriaali tilataan aina suoraan varastoihin toimitettuna, jolloin sen hinta vuonna 2013 oli 19,31 €/t (alv 0 %). Hinnoissa on viime vuosina ollut korotuspaineita, mutta samalla ovat muutkin rakentamiseen käytetyt materiaalit ja yleinen hintataso nousseet. Materiaalia tilataan yhteensä noin 15 000 tonnia, joka riittää hyvin yhden talven tarpeisiin. (Kunttu 2013.) Kuvassa 7 on näyte uudesta hiekoitussepeleistä.



Kuva 7. Uutta hiekoitussepeleliä.

Hiekoitussepeleli varastoidaan Turussa kolmeen eri kalliosiiloon sekä kahteen maanpäälliseen varastoon. Lisäksi hiekoitussepeleliä varastoidaan eri puolille kaupunkia sijoiteltuihin pienempiin metallisiiloihin, jotka toimivat hiekoitusajo-

neuvoille paikallisina materiaalin täydennyspisteinä. Kuvassa 8 on hiekoitussepin varastointiin tarkoitettu metallisiilo. Erityisesti metallisiilojen ongelmana on ollut heikko vedenpitävyys, jolloin hiekoitussepi on päässyt kastumaan ja jäätymään. (Kunttu 2013.) Jäätynyt ja kokkareinen sepi on näin ollen vaikeuttanut materiaalin levitystä ja lisännyt työmäärää.



Kuva 8. Hiekoitussepin metallinen varastosiilo Nummen kaupunginosassa.

3.2 Hiekoitussepin käyttö Turussa

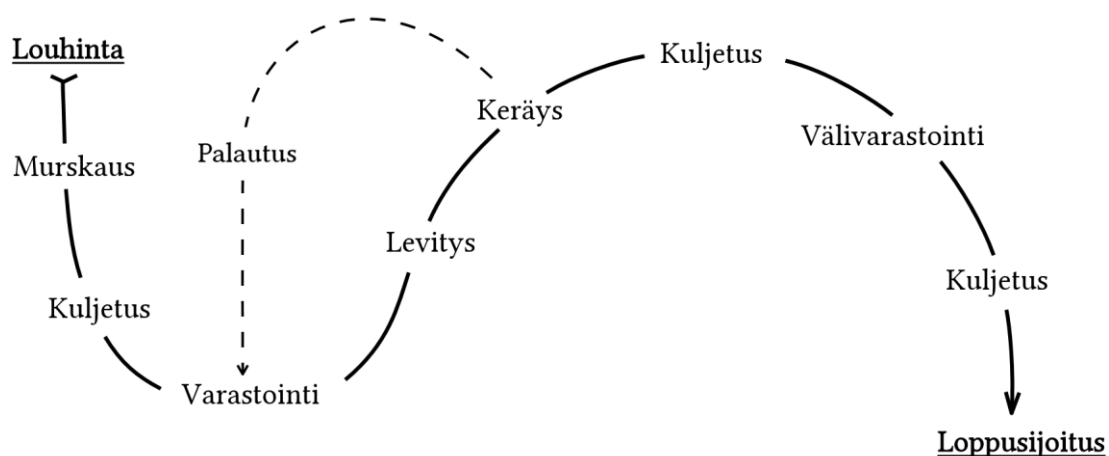
Rakeisuudeltaan samaa hiekoitussepiä levitetään Turussa sekä ajoradoille että jalankulkuväylille. Valtaosa käytetystä hiekoitussepeleistä menee silti jalkakäytävien ja kevyen liikenteen väylien liukkaudentorjuntaan. Talven olosuhteet myös määrittelevät hyvin pitkälle, kuinka paljon hiekoitussepiä kuluu todellisuudessa kullakin talvikaudella. Levitetyt määrät vaihtelevat vuosittain, mutta arviolta sepiä kuluu alle 10 000 tonnia vuodessa. (Kunttu 2013.)

3.3 Elinkaari

Hiekoitussepin käyttö on ollut hyvin pitkälti kertaluonteista, koska sitä ei ainaakaan Turun kaupungissa juuri ole aikaisemmin käytetty hyödyksi hiekoituskauden jälkeen. Tämä onkin ollut ongelmallista, sillä kertakäyttöisyyden vuoksi ka-

duilta siivotun hiekoitussepin sisältämää hyödyllistä kiviainesta ei ole voitu hyödyntää elinkaarensa loppupäässä. Kuitenkin pieni määrä vähiten likaantunutta ja kulunutta hiekoitussepiä on pyritty palauttamaan uudelleen käyttöön vanhan hiekoitusmateriaalin keräyksen yhteydessä (Kunttu 2013). Käytäntö on hieman epämääräinen, ja on hyvin tulkinnanvaraista, millä paikoilla hiekoitussepi olisi vähiten likaantunutta ja kulunutta.

Turun kaupungin ympäristönsuojelutoimisto on vuoden 2015 huhtikuusta alkaen antanut luvan käyttää vanhaa hiekoitussepiä hyödyksi rakentamisessa ilman erityistä käsittelyä. Tämä edellyttää, että pääväyliltä kerätty materiaali on eroteltu alemman tason väylistä ja pyöräteiltä, joista rakentamisessa hyödynnettävä materiaali enimmäkseen kerätään. Päätös perustuu pyöräteiden ja asuntoalueiden hiekoitusmateriaalista otettuihin näytteisiin, joiden on todettu olevan lähes puhtaita. Vanhaa hiekoitussepiä ei ole vielä toistaiseksi käytetty rakentamisessa, mutta tulevaisuudessa sitä aiotaan hyödyntää esimerkiksi kaivantojen lopputäyttönä. (M. Kunttu, henkilökohtainen tiedonanto 25.5.2015.) Hiekoitussepin pääasiallinen elinkaari ja materiaalin kierto Turussa ennen ympäristönsuojelutoimiston lupaa on havainnollistettu kuviossa 1.



Kuvio 1. Hiekoitussepin elinkaari.

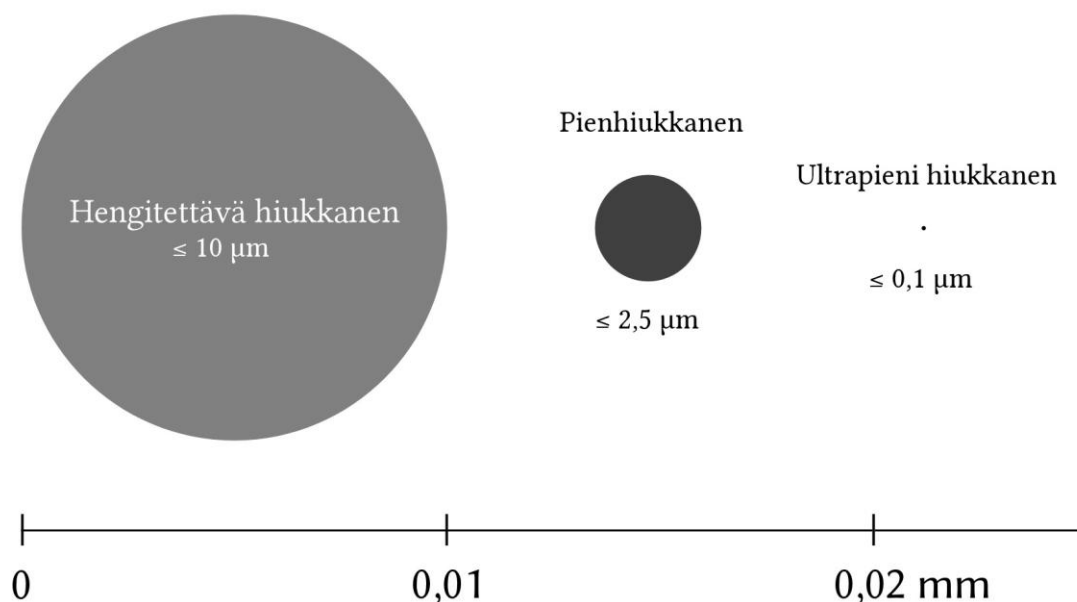
4 KATUPÖLY

4.1 Koostumus ja haitallisuus

Katupöly on yleisnimitys kaupungeissa ja taajamissa liikenteen tai tuulen vaikutuksesta ilmassa leijuville hiukkasille. Pölyn määrä on suurimmillaan yleensä keväisin, jolloin talven aikana katujen varsille kertynyt hienoinen vapautuu lumen ja jään alta, kuivuu ja pölyyntyä herkästi esimerkiksi ohiajavien ajoneuvojen aiheuttamien ilmavirtausten tai renkaiden nostattamana. Ilmasto-olosuhteista ja hiukkasten koosta riippuen voivat hiukkaset leijua ilmassa kontaktin jälkeen tunteja tai jopa päiviä heikentäen ilmanlaatua pitkään. (Kupiainen 2007, 8–9.) Tämän voi huomata sekä aistinvaraisesti että ilmanlaatusuureista, jolloin mittaukset osoittavat ilmanlaadun olevan yleensä huonoimmillaan. Ilman hiukkaspitoisuudelle ei ole terveydellisesti vaaratonta alarajaa, sillä haitat lisääntyvät lineaarisesti jo pienistä pitoisuuksista. Ilman epäpuhtaudet ja hiukkaset aiheuttavat muun muassa ennenaikaisia kuolemia, astmaoireiden pahenemista ja hengitystieinfektioita, joten kyseessä on merkittävä terveyshaitta. (Tervahattu ym. 2005, 2.)

Katupöly koostuu erikokoisista hiukkasista, ja niiden haitallisuus korreloi yleensä hiukkasten koon mukaan siten, että pienemmät hiukkaset ovat suurempia haitallisempia. Hiukkasten pinnalle voi myös kertyä raskasmetalleja ja muita haitallisia aineita, kuten viruksia ja bakteereita (Ihalainen 2000, 42). Ilman laatuun ja ihmisten terveyteen vaikuttavista hiukkasista puhuttaessa mainitaan yleensä hengitettävät hiukkaset sekä pienhiukkaset. Hengitettävät hiukkaset eli PM_{10} -hiukkaset ovat alle 10 mikrometrin kokoisia, ja ne kulkeutuvat hengityksen mukana syvemmälle hengityselimiin. Pienhiukkaset eli $PM_{2,5}$ -hiukkaset ovat alle 2,5 mikrometrin kokoisia, ja ne ovat hengitettäviä hiukkasia haitallisempia, koska ne kulkeutuvat keuhkorakkuloihin saakka. $PM_{2,5}$ -hiukkasiakin pienemmät partikkelit ovat ultrapieniä hiukkasia. Ne ovat alle 0,1 mikrometrin kokoisia ja

pääsevät kulkeutumaan aina verenkiertoon asti. (Lyytimäki 2006, 89.) Kuvassa 9 on havainnollistettu hiukkasten kokojakaumaa.



Kuva 9. Hiukkasten kokoverailu.

4.2 Hiekoituksen vaikutus

Hiekoitus lisää suuresti katupölyn määrää, mutta tutkimusten mukaan siten, että suurin osa (noin 70 %) pölystä tulee asfaltista eikä itse hiekoitusmateriaalista. Pölyä muodostuu, kun renkaan ja asfaltin välissä oleva hiekka kuluttaa päällystettä. Tätä kulumista kutsutaan myös hiekkapaperi-ilmiöksi. Päällysteestä irronnut pöly voimistaa hiekkapaperi-ilmiötä, sillä se lisää päällystettä kuluttavaa hienoaainesta, jolloin pölyn muodostus ja päällysteen kulumisen edelleen kasvavat. (Tervahattu ym. 2005, 8–10.) Voidaankin sanoa, että asfalttipäällysteet tulisi mahdollisuuksien mukaan pitää aina puhtaana kaikesta irtonaisesta hiekasta ja liasta, jotta päällysteen kulumisen sekä pölynmuodostus olisivat vähäisempää. Hienojakoinen hiekoitusmateriaali myös tuottaa enemmän pölyä kuin karkeampi kiviaines. Tämä erityisesti korostuu, jos hiekoitusseppeli on iskunkestävyydeltään heikkolaatuista materiaalia. Hiekoitusseppelin ja asfaltin kiviaineksilla

sekä niiden keskinäisellä vuorovaikutuksella on myös merkitystä katupölyn muodostukseen, sillä iskunkestävyydeltä hyvät hiekoitusmateriaalit kuluttavat tehokkaammin asfalttia ja lisäävät asfalttiperäisen pölyn määrää. (Tervahattu ym. 2005, 11–13, 15–16.) Taulukkoon 3 on koostettu tiedot hiekoituksen määrän vaikutuksesta ilman PM₁₀-pitoisuuteen hiekoittamattomaan tilanteeseen verrattuna.

Taulukko 3. Hiekoituksen määrän vaikutus ilman hiukkaspitoisuuteen (Tervahattu ym. 2005, 8).

Hiekoituksen määrä (g/m ²)	Hiukkaspitoisuus hiekoittamattomaan verrattuna
300	Kaksinkertainen
1000	Nelinkertainen
2000	Yhdeksänkertainen

4.3 Torjunta

Katupölyä torjutaan pölynsidonnalla ja pölyävän materiaalin siivouksella. Pölynsidontaan käytetään kalsiumkloridia CaCl₂, jonka vaikutus sateettomana aikana kestää noin kaksi viikkoa. Vallitseva ilmankosteus vaikuttaa hyvin paljon kalsiumkloridin kykyyn sitoa pölyä, sillä se imee ilmasta kosteutta. Kun ilmankosteus on suuri, kalsiumkloridin pölynsitomiskyky on erittäin hyvä. (Tervahattu ym. 2005, 42.) Turussa pölynsidontaa joudutaan käyttämään katupölykauden alkamisesta niin kauan, kunnes pakkaset päättyvät ja katuja päästään kunnolla siivoamaan. Kalsiumkloridia ei levitetä koko kadun alueelle, vaan sitä käytetään ruiskuttamalla ajoradan reunoille, risteysalueille ja muille strategisille paikoille kapeat kaistaleet. (Kunttu 2013.) Likaisen lumen poistolla on myös merkitystä katupölyn muodostumiseen ja leviämiseen, sillä sen mukana poistuu samalla runsaasti pölyä sekä asfalttia kuluttavaa kiviainesta (Tervahattu ym. 2005, 49).

5 HIEKOITUSMATERIAALIN KERÄYS

5.1 Yleiset vaatimukset

Hiekoitussepin siivoamiseen ryhdytään keväällä, kun lumi ja jää ovat sulaneet ja olosuhteet ovat muuttuneet sellaisiksi, ettei liukkaudentorjuntaa oletettavasti enää tarvita (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013). Ajankohta voi vaihdella eri vuosina hyvinkin paljon riippuen siitä, millainen talvi on ollut ja erityisesti siitä kuinka pitkälle kevääseen talviset olosuhteet kestävät. Esimerkiksi vuoden 2014 keväällä hiekoitussepin siivoaminen aloitettiin ennätysaikaisin eli jo helmikuun lopussa, koska lunta ja pakkasta ei enää ollut pitkään aikaan eikä viitteitä olosuhteiden muutoksesta talvisemmiksi myöskään ollut. Samasta syystä päästiin katujen siivoaminen aloittamaan aikaisin myös vuoden 2015 keväällä. Varsinaisen siivouksen alettua pakkasta ei näin ollen saisi enää olla aamuisin, sillä muuten siivouksessa käytetty vesi jäätyy ja liukastaa kadut uudestaan (Kunttu 2013).

Hiekoitusmateriaalia ei poisteta pelkästään kaduilta, vaan myös viheralueilta, sillä sepeleitä on usein ajautunut lumenaurauksen myötä runsain määrin katujen reunoilla oleville nurmialueille. Viheralueiden siivoamiseen pitäisikin ryhtyä välittömästi, kun lumi ja jää ovat sulaneet ja nurmialueet kuivuneet niin, että ne kestävät työkoneiden painon ja työstä aiheutuvat rasitukset. Viheralueet pitäisi myös siivota ennen kasvukauden alkua. Hiekoitussepin poistoon sovelletaan samoja kunnossapitoluokituksia kuin liukkaudentorjunnassakin. Risteysalueet kuitenkin hoidetaan yhtenä työvaiheena siitä huolimatta, että risteävät kadut kuuluisivat eri kunnossapitoluokkiin. (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013.) Perusperiaatteena onkin, että kaupungin keskustan siivoaminen aloitetaan ensimmäisenä, josta siivousta laajennetaan ulospäin pääliikenneväylien ja kunnossapitoluokitusten mukaisesti (Kunttu 2013). Taulukoissa 4 ja 5 on vaatimukset hiekoitusmateriaalin poistolle kaduille ja kevyen liikenteen väylille kunnossapitoluokittain.

Taulukko 4. Hiekoitussepin poisto kaduilta kunnossapitoluokittain (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013).

Kunnossapitoluokka	Kadun tai tien kunnon alaraja
I	Hiekoitushiekka poistetaan mahdollisimman pian sääolosuhteiden salliessa.
II	Hiekoitushiekka poistetaan välittömästi I - kunnossapitoluokan käsittelyn jälkeen.
III	Hiekoitushiekka poistetaan välittömästi II - kunnossapitoluokan käsittelyn jälkeen.

Taulukko 5. Hiekoitussepin poisto kevyen liikenteen väyliltä ja muilta yleisiltä alueilta kunnossapitoluokittain (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013).

Kunnossapitoluokka	Kevyen liikenteen väylän kunnon alaraja
I	Hiekoitushiekka poistetaan mahdollisimman pian sääolosuhteiden salliessa.
II	Hiekoitushiekka poistetaan välittömästi I – kunnossapitoluokan käsittelyn jälkeen.

Katujen siivous ei saa aiheuttaa pölyämistä, ja se tulisi aina estää kastelulla, mikäli kadut eivät ole jo valmiiksi märkiä. Turussa hiekoitusmateriaalit pitäisi olla kerätty ja kadut pesty vuosittain 15.5. mennessä. Turun katujen kevätsiivous kestää noin 6 viikkoa, ja urakoitsijan ja tilaajan välillä onkin sovellettu joustoa siten, että lopullista takarajaa ei katsota niin tarkkaan, vaan aloitusajankohta määrittelee myös työn valmistumisajan. Työstä ei saa aiheutua vahinkoja ja urakoitsija onkin velvollinen korvaamaan aiheuttamansa vahingot, kuten esimerkiksi kadun kalusteiden rikkoutumisen. (Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos 2013; Kunttu 2013.)

5.2 Keräysmenetelmät ja kalusto

Vanhan hiekoitussepin keräämisen ja katujen kevätsiivoukseen käytetään erilaista harjauskalustoa, pesu-autoja ja kuorma-autoja. Tyypillisesti katujen kevätsiivousta suorittavaan työryhmään kuuluu 2 kuorma-autoa, Wille-työkone, keräävällä harjalaitteella varustettu suurempi työkone eli niin sanottu hamsteri sekä imulakaisukone. Kevyen liikenteen väylien osalta keräys voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, esipuhdistamiseen ja lopulliseen siivoukseen. Ensimmäisessä vaiheessa siivotaan kevyen liikenteen väylän keskiosa keräävällä harjalaitteella varustetulla työkoneella. Kun väylien reunoilla ja viheralueilla olevat lumivallit ovat sulaneet, harjataan pienemmällä harjakoneella niillä sijainnut hiekoitussepi takaisin väylän keskelle hamsterin siivottavaksi. Hamsteri kerää vanhat hiekoitussepi harjalaatikkoonsa, josta ne tyhjennetään suoraan kuorma-auton lavalle. Työkohde viimeistellään imulakaisukoneella, jonka jälkeen katu vielä pestään pesu-autolla. (Kunttu 2013.) Kuvassa 10 on katujen kevätsiivouksen eri työvaiheita.



Kuva 10. Eri työvaiheita katujen siivouksessa.

5.3 Välivarastointi

Katujen siivoustyön nopeuttamiseksi hiekoitussepele kerätään Turussa välivarastointipaikkoihin, joita on yhteensä 12. Välivarastointipaikat ovat yleensä pysäköintialueita tai muita vastaavia paikkoja, ja ne sijaitsevat työn kannalta keskeisillä paikoilla. (Kauppila 2013.) Kuorma-autot kuljettavat kaduilta siivotun hiekoitussepelein työkohteelta välivarastointipaikalle ja palaavat takaisin kohteelle. Lyhyempi kuljetusmatka säästää merkittävästi aikaa ja edistää näin siivoustyön sujuvuutta ja kohteen nopeaa valmistumista.

Välivarastointi kestää niin kauan kuin alueen siivoamiseen kuluu aikaa eli yleensä joitakin viikkoja. Välivarastointiaikaa pyritään myös pitämään mahdollisimman lyhyenä, sillä varastoinnista tulee runsaasti valituksia ja varastointialueille myös hylätään kaikenlaista tavaraa ja roskaa. (Kauppila 2013.) Kun alueen siivous on hoidettu, kuljetetaan välivarastointialueelle kertyneet hiekoitusmateriaalit lopulliseen sijoituspaikkaansa.

5.4 Määrätietoja

Kaikesta talven aikana levitetystä hiekoitussepeleistä kerätään keväällä takaisin noin kolmasosa. Levitetyn ja kerätyn hiekoitusmateriaalin epäsuhta selittyy muun muassa sillä, että sorapintaisilta teiltä ja jalankulkuväyliltä hiekoitussepeleä ei korjata pois lainkaan. Tämän lisäksi hiekoitussepeleä ajautuu pientareille ja katujen reuna-alueille, sadevesikaivojen lietepesiin sekä lumenkaatopaikoille. Myös jotkut asukkaat keräävät hiekoitussepeleä itse omaan käyttöönsä. (Kunttu 2013.)

5.5 Loppusijoitus

Turussa kerätty hiekoitussepele sijoitetaan kaupungin omistuksessa olevalle Karhulan maankaatopaikalle. Kaikkein likaantunein ja hienoin, yleensä liikennealueilta ja ajoratojen reunoilta imulakaisukoneella kerätty aines sijoitetaan To-

pinojan kaatopaikalle. Karkean arvion mukaan noin 5–10 % kaikesta kerätystä hiekoitusmateriaalista menee kaatopaikalle, josta myös joutuu maksamaan noin 200 €/t. Karhulan maankaatopaikalle sijoitetusta sepelistä kaupungin omistama kunnossapitoyhtiö ei sen sijaan joudu ainakaan toistaiseksi erikseen maksamaan. (Kunttu 2013.) Kuvassa 11 on talven aikana ajoradan reunalle kertynyttä imulakaisukoneella siivottavaa ainesta. Ajoratojen varsilla olevassa aineksessa on yleensä myös hyvin paljon hienojakoista materiaalia mukana.

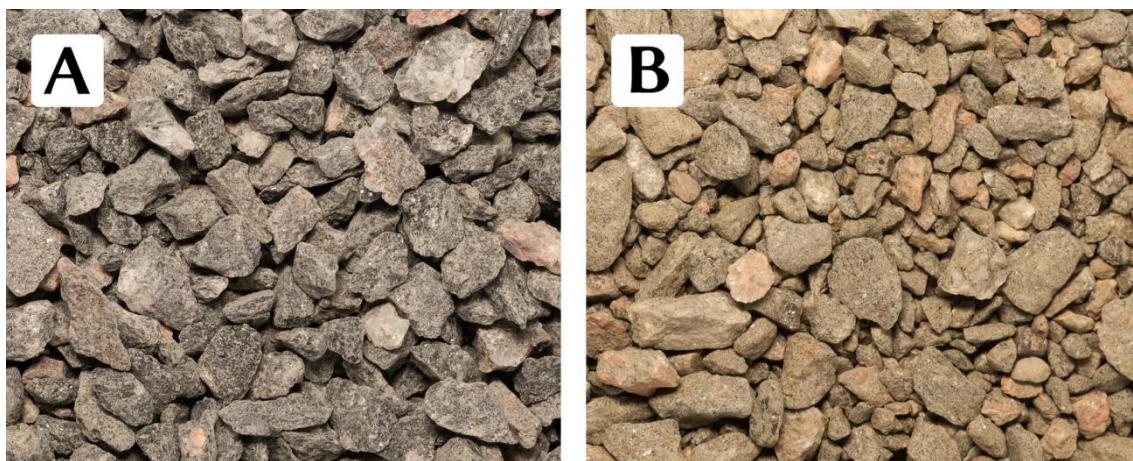


Kuva 11. Hämeensillalla ajoradan reunalla olevaa hienojakoista ainesta.

6 KÄYTETTY HIEKOITUSSEPELI

6.1 Käytön aiheuttamat muutokset

Hiekoitussepele kuluu ja likaantuu käyttönsä aikana. Tässä työssä käytöstä aiheutunutta kuluneisuutta on tutkittu silmämääräisesti sekä seulomalla näytteitä uudesta ja vanhasta hiekoitussepeleistä rakeiden kokojakauman selvittämiseksi. Vanhasta hiekoitussepeleistä otettiin 8 näytettä Kuralan välivarastointipaikalta. Vertailuksi otettiin myös yksi näyte aivan uudesta ja käyttämättömästä hiekoitussepeleistä. Lisäksi vanhan hiekoitussepelein 0,5 mm:n seulan läpäisseeistä hienoaineksesta tutkittiin raskasmetallipitoisuudet neljän näytteen osalta. Käytön aiheuttamia fyysisiä muutoksia on esitetty kuvassa 12, jossa on rinnakkain uutta (A) sekä yhden talven kadulla ollutta hiekoitussepeleä (B). Molemmista näytteistä on seulottu alle 0,5 mm:n aines pois, jolloin jäljelle on jäänyt rakeisuudeltaan 0,5–8 mm:n kiviainesta.

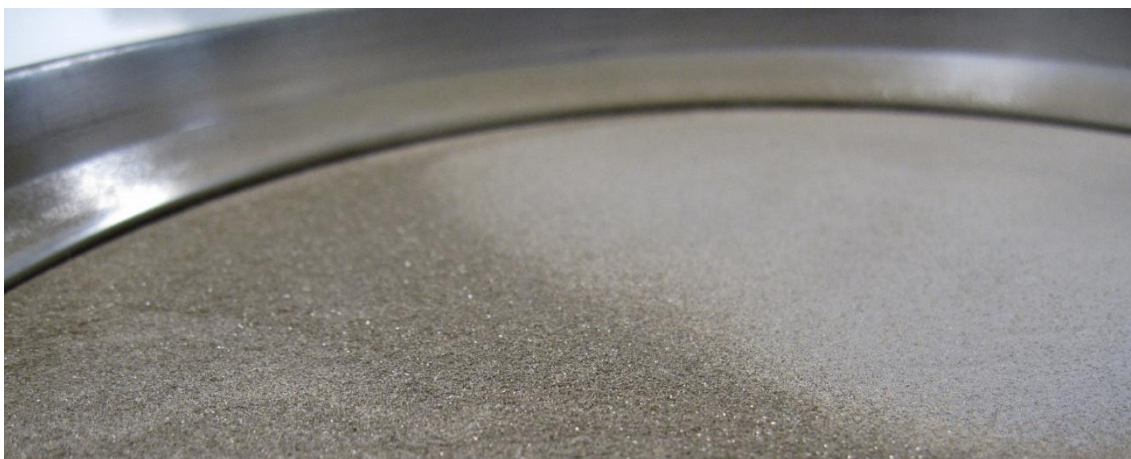


Kuva 12. Käyttämätöntä (A) ja käytettyä hiekoitussepeleä (B).

Uunikuivauksesta ja seulonnasta huolimatta hienoainesta on jäänyt vanhan hiekoitussepelein rakeiden pinnalle muuttaen ne ruskean sävyisiksi. Rakeiden särmien pyöristyneisyys ja pienempien rakeiden suhteellisesti suurempi osuus käytetyssä sepeleissä käy myös hyvin ilmi.

6.1.1 Rakeisuus ja hienojakoisen aineksen määrä

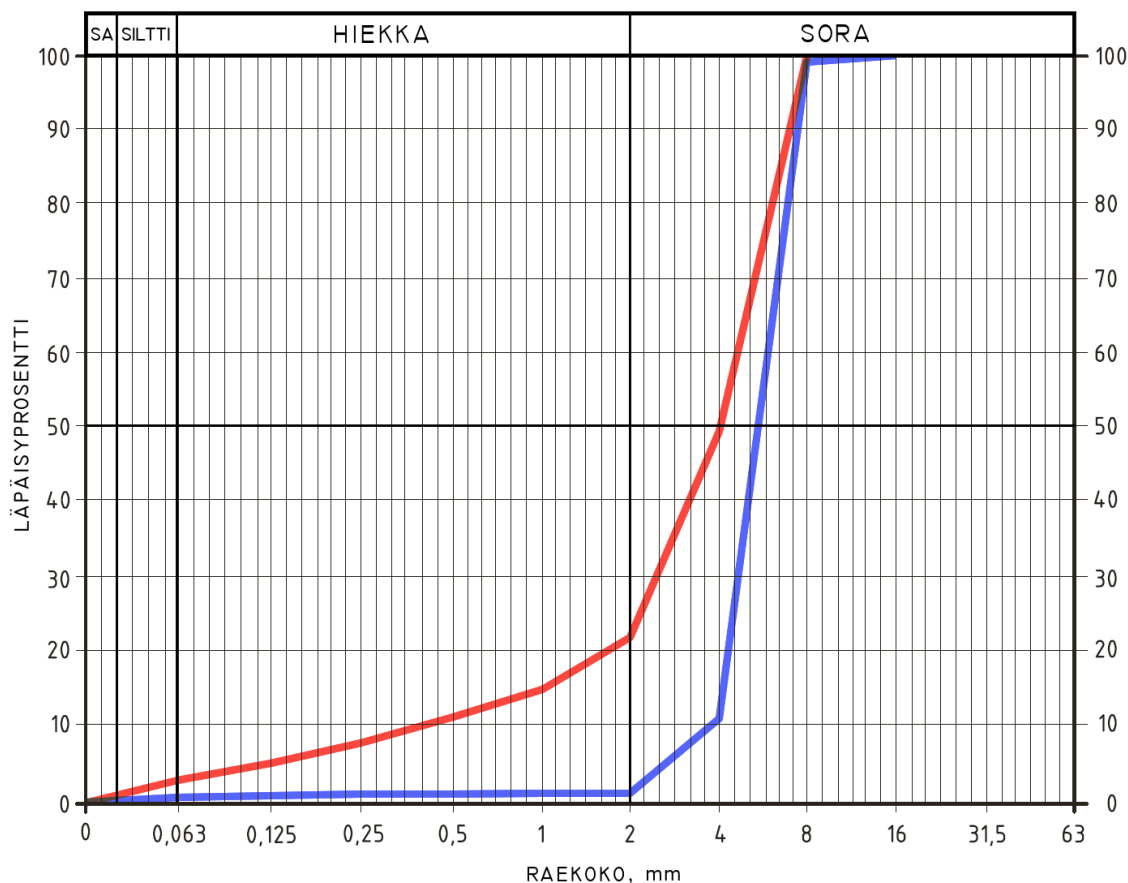
Kuivaseulonnassa ja näytteiden punnituksessa kävi ilmi, että vanha hiekoitusseveli sisälsi hyvin runsaasti ohjeellista rakeisuuttaan pienempää materiaalia. Vajaa kilon näyte uutta hiekoitusseveliä sisälsi 2 mm:n seulan läpäissyttä materiaalia noin 9 grammaa (0,9 % koko näytteen massasta). Vastaava noin kilon näyte käytettyä hiekoitusseveliä sisälsi 2 mm:n seulan läpäissyttä ainesta enimmillään noin 226 grammaa (22,3 %) ja pienimmilläänkin noin 135 grammaa (13,7 %). Käytetyn hiekoitussevelin kohdalla ohjeellista rakeisuusaluetta hienomman aineksen suuri määrä ei välttämättä kerro koko totuutta sevelin kulumisesta ja jauhautumisesta. Näytteissä on mukana myös asfaltin kulumisesta syntynyttä pölyä, muualta katualueelta ja mahdollisesti kauempaakin kulkeutunutta hienoaainesta sekä humusta. Voidaankin sanoa, että keväällä kaduilta siivottu hiekoitusmateriaali on rakeisuudeltaan huomattavasti hienojakoisempaa kuin mitä sinne on alun perin talven aikana levitetty. Kuvassa 13 on kuivaseulonnassa käytetystä hiekoitussevelistä erottunutta hienojakoista ainesta.



Kuva 13. Seulalle jäänyttä hienojakoista ainesta.

Seulotuista näytteistä laadittiin rakeisuuskäyrät, jotka kertovat graafisessa muodossa, kuinka paljon näytettä kukin seula on päästänyt lävitseen. Rakeisuuskäyrän avulla voidaan myös määritellä, mihin maalajiin näyte kuuluu. Jalostetun kiviaineksen optimaalinen rakeisuuskäyrä onkin jyrkästi nouseva käyrä, jonka

häntä laskee myös nopeasti. Kuviossa 2 on esitetty rakeisuuskäyrät uudelle (näyte E) ja vanhalle hiekoitussepelille (näyte D2).



Kuvio 2. Rakeisuuskäyrät uudelle ja vanhalle hiekoitussepelille. Uuden hiekoitussepin rakeisuuskäyrä on sininen.

Uuden hiekoitussepin rakeisuuskäyrästä näkee, että materiaali sisältää hyvin vähän tai ei juuri lainkaan raekooltaan alle 2 mm:n kiviainesta. Käytetystä hiekoitussepeleistä on yli 20 % alle 2 mm:n ainesta. Rakeisuudessa ei tapahdu muutoksia karkeamman aineen osalta, sillä kadulta siivotun hiekoitussepin sekaan ei tule ylisuuria kiviä, jotka vaikuttaisivat raekokojakaumaan. Kaikkien tutkimuksen aikana analysoitujen näytteiden tiedot ja rakeisuuskäyrät ovat liitteissä 1–3.

6.1.2 Humus ja roskaisuus

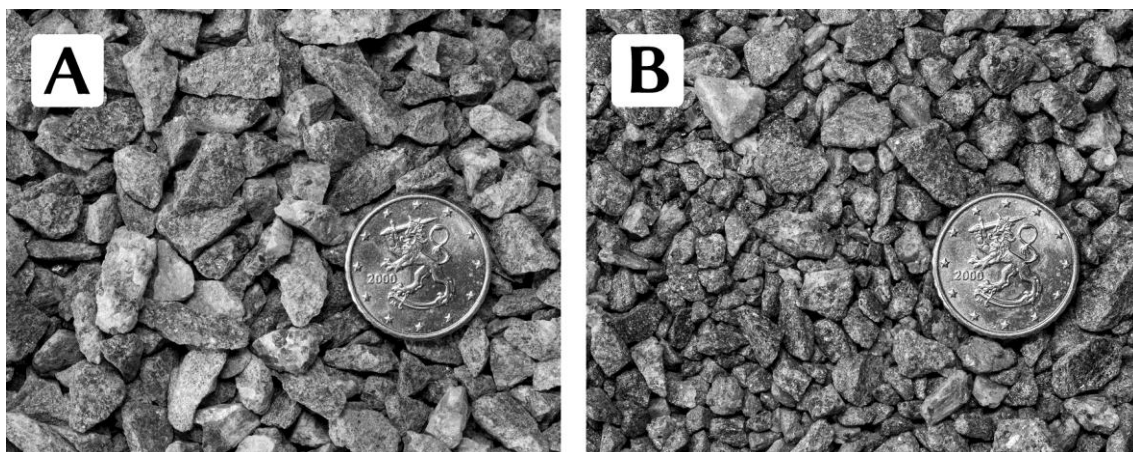
Keräysalueen luonteesta riippuen voi hiekan seassa olevan orgaanisen aineksen määrä vaihdella runsaasti. Erityisesti viheralueilta ja kevyen liikenteen väylien reunoilta siivottavan hiekoitussepin seassa voi olla runsaasti puiden ja pensaiden lehtiä, kasvien osia sekä koirien jätöksiä. Usein kadulta siivottu hiekoitusseppi sisältää myös ihmisten pois heittämiä roskia, kuten tupakan tumppeja ja muoviroskia. Kuvassa 14 on Simolankadun harjauksen yhteydessä siivotun sepin sekaan kertynyt runsaasti puiden lehtiä ja muuta kariketta.



Kuva 14. Vanhan hiekoitussepin seassa olevia lehtiä ja muuta humusta.

6.1.3 Rakeiden kuluneisuus

Käyttönsä aikana hiekoitusseppi altistuu erilaisille rasituksille, jotka aiheuttavat rakeiden kulumista ja halkeilua. Tämä näkyy rakeiden ruhjoutumisena pienempiin osiin ja terävien reunojen sekä särmien pyöristymisenä. Ajoradoilla ja liikennealueilla ollut hiekoitusseppi kuluu yleensä huomattavasti nopeammin kuin kevyen liikenteen väylillä, sillä ajoneuvoliikenne aiheuttaa suurempaa hiertoa ja rasitusta hiekoitusseppiin. Kuvassa 15 on rinnakkain uutta (A) ja vanhaa (B) hiekoitusseppiä, joille antaa mittakaavaa 10 sentin kolikko.



Kuva 15. Hiekoitussepin kuluminen. Käyttämätöntä (A) ja käytettyä hiekoitussepiä (B).

Rakeiden särmien pyöristyminen ja fyysisen muodon muuttuminen litteästä pyöreämmäksi on selvästi nähtävissä. Lisäksi sepin hienontuminen näkyy näytteen B runsaina pienten rakeiden määränä. Molemmista näytteistä on poistettu seulomalla alle 0,5 mm:n aines. Tämän lisäksi näyte B on pesty rakeiden pinnalle tarttuneen hienoaineksen irrottamiseksi ennen valokuvan ottoa. Suuremmat vertailukuvat ovat liitteessä 4.

6.2 Pilaantuneisuus

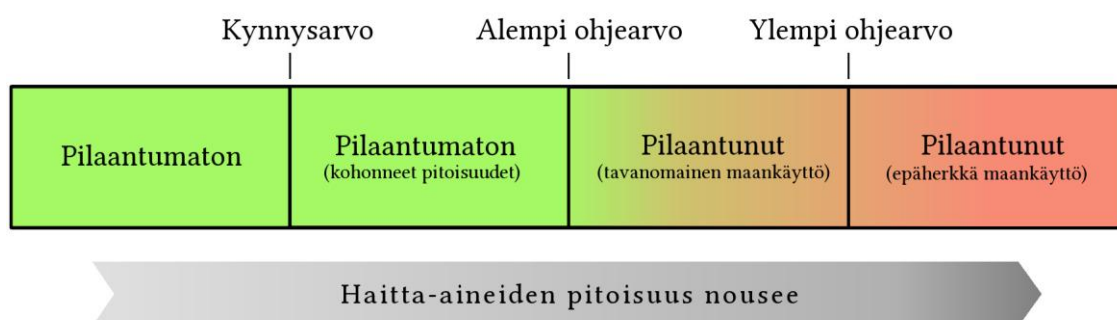
Hiekoitussepin mahdolliselle pilaantuneisuudelle ei ole määritetty omaa luokitustaan. Vanhan hiekoitussepin kohdalla on näin ollen luontevaa soveltaa maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytettyjä tapoja, koska kyseessä on maa-aines.

6.2.1 Kynnys- ja ohjearvot

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa käytetään erilaisia kynnys- ja ohjearvoja haitallisille aineille. Kynnysarvolla määritellään haitta-aineen suurin vaikutukseton pitoisuus, eli milloin haitallisen aineen terveysriskejä voidaan pitää niin pieninä, ettei sillä ole merkitystä mihin maa-ainesta tai

aluetta käytetään. Kynnysarvot on asetettu tarkoituksella riittävän alhaisiksi erityisesti hyvin myrkyllisten haitta-aineiden osalta. Kynnysarvojen määrittämisessä on myös sovellettu maaperän luontaisia taustapitoisuuksia. Näin ollen kynnysarvot alittava maa-aines luokitellaan pilaantumattomaksi ja sen käyttö ei edellytä erityisiä toimenpiteitä, rajoituksia tai valvontaa. (Reinikainen 2007, 73–74.)

Ohjearvoilla määritellään haitta-aineen suurin hyväksytty pitoisuus. Kynnysarvon ylittävä, mutta ohjearvon alapuolelle jäänyt haitta-aineen pitoisuus tarkoittaa koholla olevaa pitoisuutta, jolloin puhdistustarve täytyy arvioida, vaikka maa-aines tästä huolimatta yleensä luokitellaankin pilaantumattomaksi. Ohjearvon ylittyessä minkä tahansa aineen osalta riskiä ihmiselle tai ympäristölle ei pidetä enää hyväksyttävänä, mikä tarkoittaa että maaperä luokitellaan pilaantuneeksi ja se tulisi puhdistaa (Ympäristöministeriö 2007, 43). Ohjearvot jaetaan alempaan ja ylempään luokkaan, joita tulkitaan erilaisissa maankäytöissä tilanteissa. Alempaa ohjearvoa noudatetaan, kun kyseessä on tavanomainen maankäyttö, kuten esimerkiksi asuinalueet, ja ylempää epäherkässä maankäytössä, kuten teollisuus-, varasto- ja liikennealueilla. (Reinikainen 2007, 74–75; YM 2007, 30, 42.) Maaperän pilaantuneisuuden luokittelua on selvennetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Maaperän pilaantuneisuuden luokittelu.

6.2.2 Raskasmetallit

Raskasmetallit ovat luontaisesti kallio- ja maaperässä esiintyviä hajoamattomia alkuaineita. Eliöille haitallisimpia raskasmetalleja ovat muun muassa elohopea, lyijy ja kadmium, jotka kertyvät elimistöön ja aiheuttavat esimerkiksi sisäelinvaurioita sekä kehityshäiriöitä. (Lyytimäki & Hakala 2008, 142; Työterveyslaitos 2012.) Käytetystä hiekoitusmateriaalista otettiin Kuralan välivarastointipaikalta kahdeksan näytettä, joista neljän näytteen raskasmetallipitoisuudet tutkittiin akkreditoidussa laboratoriossa. Taulukossa 6 on näytteistä tutkitut raskasmetallipitoisuudet. Tarkemmat laboratoriotulokset esitetään liitteessä 5.

Taulukko 6. Tutkittujen näytteiden raskasmetallipitoisuudet.

Aine	Yksikkö	Näyte A2	Näyte B2	Näyte C2	Näyte D2
Arseeni (As)	mg/kg	4,6	6,8	7,1	3,4
Kadmium (Cd)	mg/kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Koboltti (Co)	mg/kg	6,6	6,6	6,6	6,8
Kromi (Cr)	mg/kg	50	51	45	54
Kupari (Cu)	mg/kg	36	210	33	33
Elohopea (Hg)	mg/kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nikkeli (Ni)	mg/kg	18	19	17	19
Lyijy (Pb)	mg/kg	2,0	2,1	4,3	11
Antimoni (Sb)	mg/kg	0,98	0,85	1,1	1,3
Vanadiini (V)	mg/kg	54	52	50	62
Sinkki (Zn)	mg/kg	84	86	89	100

Laboratoriotulosten perusteella arseenin kynnysarvo 5 mg/kg ylittyi näytteissä B2 ja C2 sekä kuparipitoisuus ylitti näytteessä B2 ylemmän ohjearvon 200 mg/kg. Muuten näytteiden haitta-ainespitoisuudet jäivät alle kynnysarvojen. Tämän mukaan näytteitä ei siis voi pitää merkittävästi saastuneina raskasmetallien osalta, mutta pilaantuneisuus ja puhdistustarve on kuitenkin arvioitava, jos

yhdenkin haitallisen aineen pitoisuus ylittää kynnsarvon (Valtioneuvoston asetus 214/2007, 3. §). Näytteen B2 kuparipitoisuus ylitti ylemmän ohjearvon, mikä perusteella maa-aines on pilaantunutta ja edellyttää puhdistamista. Tuloksiin liittyy myös epävarmuuksia, sillä tutkittavia näytteitä oli melko vähäinen määrä ja ne otettiin yhdeltä vanhan hiekoitussepin välivarastointipaikalta. Koska näytteet otettiin välivarastointipaikalta eikä suoraan kohteesta, on yksittäisen näytteen käyttöympäristön paikantaminen mahdotonta, ja näin ollen sen käytön aikaiset olosuhteet jäävät myös tuntemattomiksi. Tämän takia onkin vaikea tehdä johtopäätöksiä siitä, millaiselta alueelta kerätty hiekoitusseppi olisi mahdollisimman puhdasta tai missä se olisi erityisen likaantunutta. Maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien kynns- ja ohjearvot esitetään liitteessä 6.

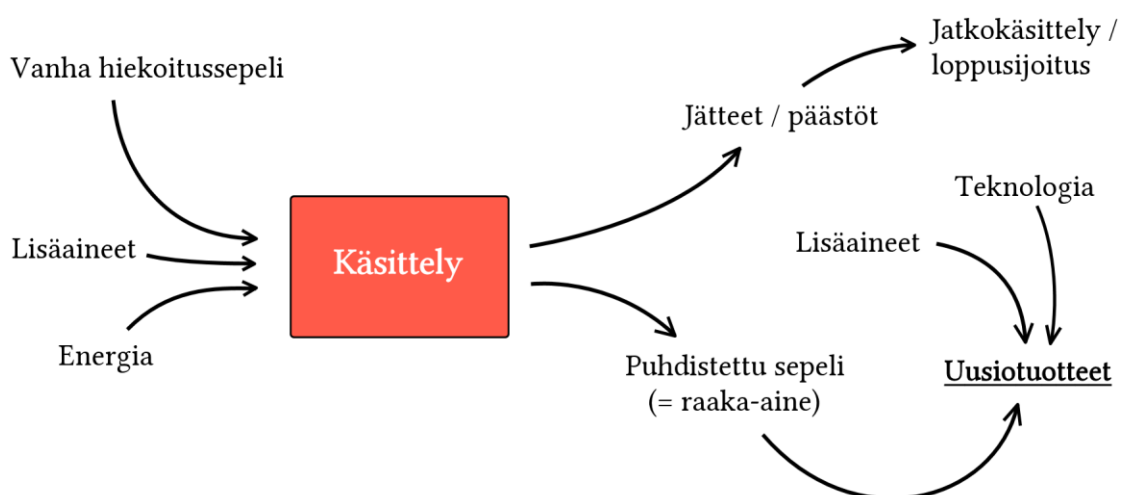
6.2.3 Hiilivedyt

Käytetty hiekoitusseppi saattaa sisältää erilaisia öljyjä ja hiilivetyjä. Käytetyn hiekoitusmateriaalin sisältämiä hiilivetyjä ei analysoitu tässä tutkimuksessa, koska ne ovat herkästi haihtuvia eivätkä tulokset olisi välttämättä olleet luotettavia. Erityisesti liikenne- ja pysäköintialueille saattaa ajoneuvoista tihkua erilaisia öljyjä ja voiteluaineita, jotka voivat sekoittua keväällä siivottavaan vanhaan hiekoitusseppiin.

7 VANHAN HIEKOITUSSEPELIN KÄSITTELY

7.1 Käsittelyn tarkoitus

Vanhaa hiekoitussepeä tulisi käsitellä, jotta sen hyödylliset ja käyttökelpoiset ainesosat saataisiin eroteltua ja otettua talteen uusiokäyttöä varten. Pilaantuneiden maiden käsittelyn peruseriaatteena ja tavoitteena onkin, että haitalliset aineet erotetaan muusta maa-aineksesta, jotta siitä tulisi haitatonta ja se voitaisiin hyödyntää (Puolanne ym. 1994, 120). Käyttökelpoisin ja monipuolisimmin hyödynnettävissä oleva materiaali vanhassa hiekoitussepelissä on sen seassa oleva karkeampi kiviaines. Käytetyssä hiekoitusmateriaalissa mahdollisesti piilevät haitta-aineet, kuten raskasmetallit ja öljyt, ovat myös pääosin sitoutuneet materiaalin hienoainekseen tai orgaanisiin partikkeleihin (Sarkkila ym. 2004, 92). Hienoaineksen seassa saattaa myös olla humusta ja klorideja, jotka edelleen rajoittavat materiaalin mahdollista hyödyntämistä ja jatkokäyttöä. Kun materiaalin seassa oleva hienoaines poistetaan, poistuu sen mukana myös käyttöä rajoittavat ainesosat. Käsittelyn lopputuloksena on jalostunut puhdasta ja tasalaatuista kiviainesta, jossa ei ole mukana haitallisia aineita. Käsittelyn periaatteita ja tavoitteita tämän tutkimuksen puitteissa on selvennetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Vanhan hiekoitussepeän käsittelyn periaatteet ja tavoitteet.

7.2 Lupakäytännöt

7.2.1 Ympäristölupa

Pilaantuneet maa-ainekset ovat jätettä, ja niiden käsittely saattaa edellyttää ympäristönsuojelulain mukaista ympäristölupaa, mikäli tietyt ehdot täyttyvät. Näitä ovat esimerkiksi jätteiden ammattimainen ja laitosmainen käsittely, kun sen kapasiteetti on tarpeeksi suuri ja siihen sisältyy esimerkiksi fysikaalis-kemiallista käsittelyä tai muun epäorgaanisen materiaalin kuin metallien kierrästyä ja talteenottoa. Vaarallisten jätteiden osalta käsittelykapasiteetin tulee olla yli 10 tonnia vuorokaudessa ja muiden jätteiden osalta yli 50 tonnia, jotta lupa-vaatimukset täyttyvät. Ympäristölupa vaaditaan myös, mikäli toiminnasta saattaa aiheutua vesistön pilaantumista tai naapurustolle kohtuutonta rasitusta, kuten esimerkiksi melua, pölyä, hajua tai tärinää. Lyhytaikaiseen koeluontoiseen toimintaan, jossa on tarkoitus testata uutta tekniikkaa tai puhdistuslaitetta, ei kuitenkaan tarvitse ympäristölupaa, mikäli siitä ei aiheudu jätevesien johtamisesta aiheutuvaa vesien pilaantumista. Ympäristölupahakemus tehdään aluehallintovirastolle, ja tarvittaessa virasto myös pyytää asiaan liittyvät lausunnot ja muistutukset eri tahoilta. Ympäristölupa on voimassa toistaiseksi, mutta sen saa halutessa myös määräaikaisena. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 27. §, 31. §, 42. §, liite 1.)

7.2.2 Ilmoitusmenettely

Mikäli toiminta ei edellytä ympäristölupaa, pilaantuneen maaperän puhdistamiseen kohteessa voidaan ryhtyä tekemällä siitä ensin ilmoitus viranomaisille. Tämä koskee myös muualle käsiteltäväksi viedyn maa-aineksen puhdistamista. Ilmoitus on tehtävä 45 vuorokautta ennen käsittelyn aloittamista, ja esimerkiksi Turussa se tehdään kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 136. §.)

7.2.3 Ympäristöluvan tarpeellisuus

Ympäristölupaa edellyttävät pilaantuneiden maa-ainesten käsittelykapasiteetit ovat niin matalia, että tämän nojalla ympäristölupa olisi tarpeen vanhan hiekoitussepin käsittelyssä silloinkin, kun sitä ei luokitella vaaralliseksi jätteeksi. Toisaalta lait ja asetukset ovat hyvin tulkinnanvaraisia etenkin ympäristökysymyksissä ja asiantuntijalausunnon mukaan pelkkä ilmoitusmenettely olisi hyvin varmasti käytäntönä vanhan hiekoitussepin käsittelyssä, koska kyseessä on yleensä vain lievästi pilaantunut maa-aines (ympäristöneuvos I. Hiltunen, Etelä-Suomen aluehallintovirasto, henkilökohtainen tiedonanto 24.4.2015). Ympäristöluvan tarpeellisuuden ratkaisee kuitenkin aluehallintovirasto, mutta koeluontoinen käsittely hoituu joka tapauksessa ilmoitusmenettelyllä. Siirrettävän käsittelylaitteiston kanssa toimittaessa ympäristöluvan tarpeellisuus on hyvin tulkinnanvaraista sillä, lupa on yleensä sidottu enemmän käsittelypaikkaan kuin itse laitteistoon.

7.2.4 Ympäristöluvan ja ilmoituksen hinta

Vuosina 2014–2015 koeluontoisesta toiminnasta tehdyn ilmoituksen käsittely maksaa 3 220 euroa ja varsinainen ympäristölupa 9 040 euroa (Valtioneuvoston asetus 1092/2013). Hinnat ovat taksaperusteisia kiinteitä hintoja, joten niihin ei tule veroa tai muitakaan lisämaksuja (Hiltunen 2015). Ympäristöluvan saaminen voi olla hidas prosessi, sillä aluehallintoviraston keskimääräinen käsittelyaikatavoite ympäristölueille on 12 kuukautta. Tämän lisäksi ympäristöluvan ja ilmoituksen käsittelyhinnat ovat nousseet noin 10 % edellisistä vuosista, joten oletettavasti maksut tulevat nousemaan myös seuraavilla toimikausilla (Valtioneuvoston asetus 1572/2011).

7.2.5 Ympäristövaikutusten arviointimenettely

Jätteiden fysikaalis-kemiallinen käsittely saattaa edellyttää ympäristövaikutusten arviointia laitoksen mitoituksen ja käsiteltävien jätteiden mukaan. Mikäli laitos on mitoitettu käsittelemään vähintään 5 000 tonnia vaaralliseksi luokiteltua jätettä vuodessa tai muuta kuin vaarallista jätettä enemmän kuin 100 tonnia vuorokaudessa, sovelletaan siihen YVA-menettelyä (Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006, 6. §). Turun kaupungissa vanhaa hiekoitussepeä kerätään takaisin noin kolmasosa levitetystä määrästä eli arviolta yli 3 000 tonnia. Määrät jäävät alle rajojen ja toiminta ei vaadi erillistä YVA-menettelyä, mikäli vanhaa hiekoitussepeä käsitellään alle 100 tonnia vuorokaudessa. Yleensäkin erillistä ympäristövaikutusten arviointimenettelyä sovelletaan suuremman mittaluokan hankkeissa.

7.3 Käsittelymenetelmät

7.3.1 Stabilointi

Stabilointi tarkoittaa, että maaperässä oleva haitallinen aine kiinteytetään, jolloin siinä olevien haitta-aineiden kulkeutuminen ja liukoisuus vähenevät. Stabiloinnilla maa-aineksesta ei poisteta haitallisia aineita, mutta sillä voidaan pienentää niistä aiheutuvaa riskiä ympäristölle. Stabilointiin käytetään usein sementtiä tai bitumia, mutta lentotuhkaa ja masuunikuonaa voidaan myös käyttää. Merkittävien stabiloinnilla käsiteltävä kohde ovat metallisia haitta-aineita sisältävä maa-aines. Öljyä sisältävät maa-ainekset soveltuvat huonommin sementtistabilointiin, sillä öljy heikentää partikkeleiden kiinnittymistä sementtiin. (Sarkkila ym. 2004, 77–79.)

7.3.2 Terminen käsittely

Terminen käsittely tarkoittaa pilaantuneen maan lämpökäsittelyä, eli kyseessä on maa-aineksen poltto. Terminen käsittely sopii parhaiten hiekalle ja soralle, ja sillä saadaan pilaantuneesta maasta poistettua kaasumaisia aineita ja yhdisteitä. Menetelmää käytetäänkin erityisesti öljyhiilivetyjen puhdistamiseen maasta. Terminen käsittely ei sovellu kovin hyvin raskasmetalleihin, sillä se ei elohopeaa lukuun ottamatta poista niitä käsiteltävästä massasta. Tällöin poltettu materiaali täytyy käsitellä jollain toisella menetelmällä, kuten esimerkiksi stabiloimalla, mikäli raskasmetallipitoisuudet ovat korkeita. Terminen käsittelyn ongelmana on myös suuri energian tarve ja etenkin, jos käsiteltävän maa-aineksen kosteuspiitoisuus on suuri. (Sarkkila ym. 2004, 86–89; Puolanne ym. 1994, 123.) Vaikka käytetty hiekoitusseppi voisi koostumuksensa puolesta soveltua termiseen käsittelyyn, ei se ole silti varteenotettava menetelmä, sillä hiekoitusseppi ei ole pääasiallisesti öljyn likaamaa. Näin ollen puhdistustulokset jäisivät myös kosmeettisiksi.

7.3.3 Pesu

Pilaantuneen maa-aineksen pesulla tarkoitetaan haitallisten aineiden liettämistä sekä irrottamista pesuvedellä ja niiden siirtämistä nestefaasiin ja poistoon pesunesteen mukana. Menetelmä soveltuu parhaiten hiekalle ja sitä karkeammille maa-aineksille. Pesu voidaan tehdä joko irtonaiselle maa-ainekselle pesulaitteistossa tai maaperän huuhtelulla kohteessa. Pesumenetelmällä käyttökelpoinen materiaali saadaan eroteltua ja käsiteltäväksi tai loppusijoitettavaksi jää vain hienojakoinen ja haitallinen aines. Käsittelyllä poistetaan suuri osa materiaalin sisältämästä hienoaineksesta. Pesuun voi sisältyä myös mekaanista hierontaa, pesuveden lämpötilan nostoa tai apuaineita, joilla haitalliset aineet saadaan helpommin irrotettua. Pesu soveltuu monille haitallisille aineille, kuten öljyjen ja PAH-yhdisteiden sekä raskasmetallien erotteluun pestävästä materiaalista. Se on menetelmänä hyvin monipuolinen ja tehokas, mutta sen ympäristövai-

kutukset tulee huomioida, sillä prosessista syntyvät pesuvedet ja lietteet tulee myös käsitellä. (Sarkkila ym. 2004, 92–94; Puolanne ym. 1994, 124.)

7.3.4 Kompostointi

Pilaantuneessa maa-aineksessa olevia orgaanisia aineita voidaan hajottaa aerobisesti mikrobitoiminnalla eli kompostoimalla. Menetelmä on rajallinen, ja se soveltuu öljyhiilivetyjen, PAH-yhdisteiden sekä torjunta-aineiden hajottamiseen. Menetelmä ei täysin puhdistaa maata, ja se voi myös kestää useita vuosia ja vaatii myös runsaasti tilaa. Haitallisten aineiden pitoisuus ei saa olla liian korkea, sillä muuten mikrobit eivät kykene elämään massassa ja puhdistusteho hiipuu. Kompostointi ei myöskään tehoa raskasmetalleihin. (Sarkkila ym. 2004, 97–98; Puolanne ym. 1994, 125.)

7.3.5 Eristäminen

Eristämisellä tarkoitetaan haitallisten aineiden pysyvää erottamista ympäristöstään siten, että ne eivät pääse kontaktiin pohjaveden tai muun ympäristön kanssa. Näin ollen kyseessä ei varsinaisesti ole aktiivinen maan puhdistamistoimenpide vaan loppusijoittaminen kaatopaikalle. Eristämisen tulisi olla pysyvää, jotta haitta-aineet eivät pääsisi leviämään ympäristöönsä esimerkiksi suotovesien mukana. (Sarkkila ym. 2004, 64–65.)

7.3.6 Muut menetelmät

Muita saastuneisiin maihin kohdistuvia puhdistusmenetelmiä ovat esimerkiksi huokoskaasujen ja suotovesien käsittely. Nämä eivät ole varteenotettavia vaihtoehtoja vanhan hiekoitussepin käsittelyssä, sillä näillä menetelmillä käsitellään saastuneesta maaperästä aiheutuvia sekundaarisia haittoja eikä itse maamassaa. Myös kunnostamatta jättäminen on yksi vaihtoehto, mikäli kunnos-

tustoimenpiteet aiheuttavat suuremman haitan ja riskin ympäristölle kuin kunnostuksesta saatava hyöty olisi.

7.4 Käsittelymenetelmien soveltuvuustarkastelu

Erilaisia käsittelymenetelmiä tarkasteltaessa tulisi ottaa huomioon käsiteltävä materiaali ja sen mahdollisesti sisältämät haitta-aineet. Kun kyseessä on vanha hiekoitussepele, josta halutaan erotella karkeampi kiviaines jatkokäyttöön, nousee varteenotettavaksi menetelmäksi pesu. Menetelmä soveltuu monenlaisten haitta-aineiden poistamiseen, ja tämän lisäksi hiekoitussepele on pesun kannalta raekooltaan ja koostumukseltaan sopivaa ja riittävän homogeenista. Stabilointi on myös hyvä käsittelymenetelmä, vaikka sitä käytetään usein niin sanotuissa on-site-tilanteissa, jossa esiin kaivettu pilaantunut maamassa käsitellään paikallaan päällä ja sijoitetaan esimerkiksi kadun tai liikennealueen pohjarakenteeksi. Mikäli vanhaa hiekoitussepeleä stabiloitaisiin, tulisi sille myös löytää jokin tarkoituksen mukainen sijoituskohde. Stabiloinnin kannalta ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua vanhan hiekoitussepelelleen seassa mahdollisesti olevat kloridit, humus ja öljyhiilivedyt, jotka hidastavat ja heikentävät sementin sitoutumista. Yhteenveto erilaisista käsittelymenetelmistä esitetään taulukossa 7.

Taulukko 7. Yhteenveto pilaantuneen maaperän käsittelymenetelmistä.

Menetelmä	Soveltuu hyvin	Soveltuu huonosti	Muuta
Stabilointi	Raskasmetallit	Öljyhiilivedyt, kloridi- ja humuspitoiset maat	
Terminen käsittely	Kaasumaiset aineet ja öljyhiilivedyt	Raskasmetallit	Vaatii runsaasti energiaa
Pesu	Öljyhiilivedyt, PAH-yhdisteet ja raskasmetallit	Raekooltaan hienojakoiset maalajit	Pesuvesien ja lietteiden käsittely
Kompostointi	Öljyhiilivedyt, PAH-yhdisteet ja torjunta-aineet	Raskasmetallit	Vaatii runsaasti tilaa ja aikaa

7.5 Hyödyntämiskelpoinen materiaali

Tämän tutkimuksen yhteydessä otettujen näytteiden perusteella käytetty hiekoitussepele sisälsi esimerkiksi 1 mm:n raekokoa pienempää kiviainesta keskimäärin noin 12 %. Vaihteluväli oli 7,6–14,7 painoprosenttia kuivasta näytteestä. Näin ollen vanhan hiekoitussepelel pesulla voisi olla mahdollista saada talteen karkeasti arvioiden 85 % käsiteltävästä materiaalista, mikäli tavoitteena on ottaa talteen raekooltaan kaikki yli 1 mm:n kiviaines. Jos Turun kaduilta kerätään vanhaa hiekoitussepeleä noin kolmasosa levitetystä määrästä takaisin, kertyy siitä noin 5 000 tonnia vanhaa hiekoitusmateriaalia. Käytetyn hiekoitussepelel määrä ei kuitenkaan ole vakio jokaisena vuonna, sillä hiekoitustarve riippuu talven pituudesta ja muista olosuhteista. Käsittelyn jälkeen arvioidusta 5 000 tonnin määrästä voitaisiin saada talteen noin 4 400 tonnia. Käsittelystä syntyvät ylijäämämassat ja lietteet tulisi sijoittaa kaatopaikalle, mikäli ne eivät kelpaa muuhun käyttöön esimerkiksi sisältämiensä haitta-aineiden takia. Taulukossa 8 on näytteiden seulontatulosten perusteella laskennallisesti saadut hyödyntämiskelpoisen materiaalin määrät tavoiteltavien eri minimiraekokojen mukaan.

Taulukko 8. Hyödyntämiskelpoinen materiaali seulontatulosten perusteella.

Tavoiteltava minimiraekoko	Alite keskimäärin	Vaihteluväli	Raekooltaan hyödyntämiskelpoista materiaalia
≥ 2 mm	18 %	13,4–22,1 %	~ 80 %
≥ 1 mm	12 %	7,6–14,7 %	~ 85 %
≥ 0,5 mm	8 %	4,7–10,9 %	~ 90 %

Tulokset ovat laskennallisia, eikä niissä ole otettu huomioon mahdollista hävikkiä tai mitään muitakaan ulkoisia tekijöitä. Oletettavasti hyötysuhde ei kuitenkaan käytännössä ole yhtä suuri kuin teoriassa, ja näin ollen hyödyntämiskelpoista materiaalia ei saisi yhtä paljon. Kuljetuskustannusten takia hiekoitussepelel käsittely olisi myös järkevää tehdä samassa paikassa, jossa materiaalin jatkojalostus tapahtuisi.

8 KÄSITELLYN HIEKOITUSSEPELIN JATKOKÄYTTÖ

8.1 Materiaalien uusi kierto

Vanhan hiekoitusseppelin käsittely- ja jalostustoimenpiteet antavat materiaalille uusia käyttömahdollisuuksia, koska tällöin tulevaa käyttöä mahdollisesti rajoittavat tekijät saadaan poistettua. Raaka-aineena oleva kiviaines saadaan käytettyä uudelleen, jolloin siitä voidaan esimerkiksi valmistaa uusiotuotteita.

Käsittelyn myötä hiekoitusseppelin materiaalikierto muuttuisi hieman. Nykyisen loppusijoituksen tilalla olisi käsittely ja sen lopputuotteina olisi puhdistettu sepeli sekä käsittelystä syntyvät ylijäämämaat ja jätteet (ks. kuvio 4, s. 42). Kalliomurskeen käyttöä muiden rakennustuotteiden valmistuksessa voisi vähentää ja korvata se ainakin osittain puhdistetulla hiekoitussepelillä, jolloin luonnonvaroja säästyisi.

8.2 Vaatimukset

8.2.1 CE-merkintä

Rakennustuotteilla on täytynyt 1.7.2013 lähtien olla CE-merkintä, joka tarkoittaa että tuote on testattu ja täyttää sille asetetut vaatimukset. CE-merkintä koskee myös rakentamisessa käytettäviä kiviaineksia. (Rakennusteollisuus 2013.) Materiaalin tuotteistaminen edellyttäisi näin ollen CE-merkinnän hakemista. CE-merkinnän käyttöönottoon saattaa kulua jopa yli vuosi, ja valmistaja vastaa myös asiaan liittyvistä kuluista.

8.3 Käyttökohteiden kartoitus

Vanhaa hiekoitussepeleä ei olisi suositeltavaa käyttää enää uudelleen liukkausdientorjuntaan edes puhdistuksen jälkeen, sillä se on yleensä melko kulunutta ja

ruhjoutunutta sijoituspaikasta ja käytönaikaisista olosuhteista riippuen. Rakeiden särmät ja murtopinnat ovat pyöristyneitä, jolloin se ei pureudu yhtä hyvin jäähän. Lisäksi materiaali ei todennäköisesti ole iskunkestävyydeltään yhtä luja, jolloin se murenee entistä helpommin käytön aikana ja lisää katupölyn määrää ja katujen puhdistustarvetta. Vanhan hiekoitussepin jatkokäyttökohteita on kartoitettu materiaalin ja sen rakeisuuden avulla. Tarkastelun kohteena ovat rakennustuotteet, joissa käytetään ominaisuuksiltaan vastaavaa kiviainesta.

8.3.1 Betonituotteet

Betonin pääraaka-aineisiin kuuluvat sementin ja veden lisäksi kiviainekset eli niin sanottu runkoaine. Kiviainesten tulisi olla puhtaita ja laadultaan hyviä, joten ne eivät saa sisältää savea, humusta tai muitakaan haitallisia aineita. Kasvi- ja eläinkunnan hajoamisjätteisiin kuuluva humus voi hidastaa tai jopa estää kokonaan betonin kovettumisen. Lisäksi betonin kiviainesten seassa ei myöskään saa olla klorideja tai öljyä, sillä ne vaikuttavat heikentävästi betonin sitoutumiseen. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 37.)

Tässä yhteydessä betonituotteilla tarkoitetaan betonista valmistettuja fyysisiä kappaleita, kuten esimerkiksi reunakiviä ja laattoja. Erilaisissa betonituotteissa käytetään rakeisuudeltaan vaihtelevaa kiviainesta. Raskaimpiin ja kulutukselle alttiimpiin kohteisiin käytetään pääsääntöisesti maksimiraekooltaan suurempaa kiviainesta, mutta kiviainekset sisältävät aina raekooltaan myös pienempiä kiviä ja niin sanottua filleriä, joista suurin osa läpäisee 0,063 mm:n seulan (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 33). Erikokoisen kiviaineksen tarkoitus on limittyä tiiviisti, jotta sementtiä tarvittaisiin mahdollisimman vähän. Tämän takia betoniin tarvitaan hienompaa kiviainesta.

Rakeisuutensa puolesta käsitelty hiekoitusseppi soveltuisi hyvin erilaisten betonikivien valmistukseen. Hienompaa kiviainesta eli filleriä joutuisi todennäköisesti lisäämään muun kiviaineksen sekaan, sillä vanhan hiekoitussepin pesukäsittelyssä poistuu materiaalin hienoin aines. Raekooltaan suurempaa kiviainesta joutuisi todennäköisesti myös lisäämään. Kuvassa 16 on poikkileikkaus

reunoiltaan lukittuvasta betonikivestä eli niin sanotusta uni-kivestä, jota käytetään yleisesti esimerkiksi liikennesaarekkeiden ja erilaisten aukoiden ja torien päällystemateriaalina. Mittakaavasta voi silmämääräisesti arvioida kiviaineksen olevan rakeisuudeltaan suunnilleen samaa kokoluokkaa kuin käytetyn hiekotussepin sisältämä kiviaines.



Kuva 16. Betonikiven poikkileikkaus.

Betonikiviä käytetään hyvin usein liikennesaarekkeiden ja siltakeilojen päällystemateriaalina eli niin sanottuna kivilaattaverhouksena. Tällöin materiaalin kulumuskestävyydellä ei käytännössä ole erityistä merkitystä, sillä näillä alueilla ei pääsääntöisesti ole mitään liikennettä tai edes jalankulkua ja siihen liittyvää talvikunnossapitoa, joka voisi rasittaa tai kuluttaa päällystemateriaalia. Betonikiviä käytetään tällaisessa tapauksessa ainoastaan verhouksena, jolla estetään rikkakasvien kasvu ja tehdään liikenneympäristöstä siisti ja huoltovapaa. Sen sijaan liikennesaarekkeiden ja katujen reunakivien tulisi olla lujaa tekoa, sillä niihin kohdistuu suurta kulutusta ja rasitusta erityisesti talvikunnossapidosta ja ajoratojen aurauksesta johtuen. Kuvassa 17 on Pernontien ja Länsikaaren risteyksessä uni-kivestä tehty liikenneympyrän saareke.



Kuva 17. Betonikiveystä liikenneympyrän saarekkeella.

8.3.2 Asfaltti

Rakeisuutensa puolesta vanhaa hiekoitussepeä voisi käyttää osin joidenkin asfalttipäällysteiden koostekiviaineksena. Fillerinä kiviainesta ei voisi juuri käyttää, sillä esimerkiksi hiekoitussepeän pesussa poistuu suuri osa materiaalin hienoimmasta aineksesta. Käyttöä asfaltissa voi rajoittaa kiviaineksen mahdollinen rapautuneisuus ja heikentyneet lujuusominaisuudet. Kustannukset voisivat kasvaa asfalttipintojen lisääntyneenä uusimistarpeena, mikäli siinä käytetty kiviaines ei ole ominaisuuksiltaan riittävän kestävä ja hyvää. Myös asfaltista peräisin olevan katupölyn määrä voisi lisääntyä, sillä asfaltin kiviaineksilla on merkitystä katupölyn muodostukseen. Käytetyn hiekoitussepeän kiviaineksen käyttäminen asfaltissa olisikin varminta esimerkiksi kevyen liikenteen väylillä ja muilla asfalttipäällysteillä, joihin kohdistuu vain vähäistä raskautusta. Muita kohteita voisivat olla esimerkiksi erilaiset asfaltista tehtävät ympäristörakenteet. Raskaalle ja vilkaalle ajoneuvoliikenteelle mitoitettua asfalttipäällystettä olisi ehkä turvallista jättää arvioinnin ulkopuolelle, sillä vaatimukset kulutuskestävyydelle ovat näissä kohteissa oleellinen laadun arviointiperuste.

8.4 Jatkotutkimukset

Käsittelyn hiekoitussepin käyttöä ja soveltuvuutta erilaisten tuotteiden raaka-aineena tulisi tutkia lisää käytännön tasolla esimerkiksi koekappaleita valmistamalla, niitä testaamalla ja muilla käytännön kokeiluilla. Näin raaka-aineen soveltuvuutta, tuotteiden laatua ja niistä aiheutuvia kustannuksia ja ympäristövaikutuksia olisi helpompi arvioida.

9 YHTEENVETO

Hiekoitussepin elinkaari alkaa materiaalin louhinnasta ja murskauksesta. Kuljetusten ja varastoinnin kautta materiaali otetaan varsinaiseen käyttöön eli liukkautta torjumaan. Turussa talvikauden jälkeen vanha hiekoitussepi siivotaan kaduilta, ja välivarastoinnin kautta suurin osa materiaalista poistetaan käytöstä. Liikennealueilta imulakaisukoneella kerätty likaantunein ja väriltään hyvin tumma aines viedään pääosin kaatopaikalle, mutta suurin osa muusta materiaalista viedään maankaatopaikalle. Vanhaa hiekoitusmateriaalia ei ole aiemmin juuri käytetty hyödyksi Turun kaupungissa, mutta vuoden 2015 rakentamiskaudella sitä aletaan ympäristönsuojelutoimiston luvalla käyttää rakentamisessa, esimerkiksi kaivantojen täyttönä.

Käytetyn hiekoitussepin rakeisuustutkimukset osoittivat, että takaisin kerätyn hiekoitussepin seassa oli hyvin runsaasti hienojakoista ainesta. Tutkituista näytteistä löytyi noin 15–20 % alle 2 mm:n kiviainesta, mikä tarkoittaa noin viidesosan takaisin kerätystä hiekoitussepeleistä olevan raekooltaan pienempää materiaalia kuin kaduille oli alun perin levitetty. Takaisin kerätyn hiekoitussepin roskaisuudessa orgaanisten aineiden osalta on myös eroja. Nurmialueilta ja puistomaisilta alueilta kerätty hiekoitusmateriaali sisältää enemmän oksia, lehtiä, kasvinosia ja muuta humusta. Muita roskia, kuten tupakan tumppeja, lasinsiruja ja muovia, ei näytteiden seassa juuri ollut. Ajojatoilta ja liikennealueilta kerätty hiekoitussepi on yleensä jauhautunut hyvin hienoksi, ja se sisältää todennäköisesti enemmän liikenteestä ja muualta ympäristöstä peräisin olevia haitallisia aineita.

Laboratoriossa käytetyn hiekoitussepin hienoaineksesta analysoidut näytteet eivät osoittautuneet erityisen saastuneiksi raskasmetallien osalta. Yhden näytteen kuparipitoisuus ylitti ylemmän ohjearvon ja kahden näytteen arseenipitoisuudet ylittivät kynnyksarvon. Öljyhiilivetyjä ei näytteistä tutkittu, koska ne ovat herkästi haihtuvia, eivätkä tulokset ehkä olisi olleet kovin luotettavia. Oletettavasti niiden määrä on myös vähäinen. Vaikka laboratoriossa tutkittuja näytteitä

oli melko vähäinen määrä (4 kpl) ja hiekoitussepin käytönaikaiset olosuhteet ja paikka jäivät myös tuntemattomiksi, voisi tämän perusteella vanhan hiekoitussepin luokitella vain lievästi saastuneeksi materiaaliksi.

Vanhan hiekoitussepin käsittelymenetelmistä käyttökelpoisin on pesu, koska sillä saadaan parhaiten eroteltua materiaalin sisältämä hienoaines hyödynnettävissä olevasta sepelistä. Hienoaineksen seassa on usein suurin osa humuksesta, ja lisäksi haitalliset aineet, kuten raskasmetallit ja öljyhiilivedyt, ovat sitoutuneet pääosin juuri hienoainekseen. Menetelmässä tulee kuitenkin huomioida jätevesien sekä lietteiden ja alitteen asianmukainen käsittely. Käsittelyssä voisi varovaisesti arvioiden saada talteen alle 80 % raekooltaan yli 2 mm:n kiviaineksesta. Käytetyn hiekoitussepin pesukäsittely onnistunee pelkästään ilmoitusmenettelyn turvin ilman raskaampaa ja kalliimpaa ympäristölupaa. Asian kuitenkin ratkaisee viime kädessä aluehallintovirasto.

Vanhan hiekoitussepin käyttö uudelleen liukkaudentorjuntaan ei todennäköisesti ole järkevää edes käsittelyn jälkeen, sillä rakeet ovat usein kuluneita ja pyöristyneitä, jolloin ne eivät pureudu yhtä hyvin jäähän kuin terävasärmäinen ja murtopintainen sepele. Lisäksi vanha hiekoitussepele ei todennäköisesti ole iskunkestävyydeltään enää yhtä lujaa, jolloin se murenee herkemmin käytössä ja aiheuttaa enemmän pölyhaittoja ja siivoustarvetta.

Käsiteltyä hiekoitussepeleä voisi käyttää raaka-aineena uusiotuotteille. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset betoni- ja asfalttituotteet, joiden valmistuksessa käytetään samantyyppistä kiviainesta. Kierrätysmateriaaleja käyttämällä voisi uusiutumattomien kalliovarojen murskausta vähentää, jolloin luonnonvaroja säästyisi ja vanhan kiviaineksen saisi hyödynnettyä. Rakennustuotteille, kuten esimerkiksi rakentamiseen tarvittaville kiviaineksille, vaaditaan nykyään CE-merkintää. Ennen materiaalin mahdollista tuotteistamista tulisi tälle hakea CE-merkintä.

Vanhan hiekoitussepin käsittelyä ja uusiokäyttöä tulisi edesauttaa, sillä nykyään pääosin kertakäyttöisenä materiaalina se on vain hukkaan heitetty resurssi. Käsittely edellyttää vaivaa ja työpanoksia, mutta niillä myös saadaan materiaali mukaan kiertotalouteen ja sen elinkaarta pidennettyä.

LÄHTEET

Ihalainen, E. 2000. Ympäristönsuojelutekniikan perusteet. Turku: Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen julkaisuja A: 76. Turku: Turun yliopisto.

Karhunpalvelus, Porin kaupungin henkilöstölehti 2/2004, s. 14. Viitattu 25.11.2014
http://www.pori.fi/material/attachments/henkilostopalvelut/karhunpalvelus/5tlUj2fUh/Karhunpalvelus_2004_2.pdf.

Kupiainen, K. 2007. Road dust from pavement wear and traction sanding. Helsinki: University of Helsinki. Department of Biological and Environmental Sciences. Saatavissa myös
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/21928/roaddust.pdf?sequence=1>.

Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta 669/1978.

Lyytimäki, J. & Hakala, H. 2008. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus.

Lyytimäki, J. 2006. Unohdetut ympäristöongelmat. 1. painos. Helsinki: Gaudeamus.

Puolanne, J.; Pyy, O. & Jeltsch, U. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti, muistio 5 1994. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Raisio kaupunki 2014. Nastat maksutta ikäihmisten kenkiin. Viitattu 23.11.2014
http://www.raio.fi/ajankohtaista/2014_uutiset/fi_FI/nastat-ikaihminen-kenkiin/.

Rakennusteollisuus 2013. CE-merkintä rakennustuotteisiin 2013 mennessä. Esite. Viitattu 24.4.2015 www.ym.fi > Maankäyttö ja rakentaminen > Rakentamisen ohjaus > Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä > CE-merkintä > Rakennustuotteiden CE-merkinnästä tulee pakollista 1.7.2013 mennessä.

Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. Suomen ympäristö 23/2007. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa myös
<http://hdl.handle.net/10138/38431>.

Sarkkila, J.; Mroueh U.-M. & Leino-Forsman, H. 2004. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Ympäristöopas 110. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Suomen Betoniyhdistys ry 2007. BY 201. Betonitekniikan oppikirja 2004. 5., uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus.

Suomen Kuntaliitto 2007. Katujen kunnossa- ja puhtaanapidon laatutaso ja väylien luokittelu. 1. painos. Helsinki: Suomen Kuntaliitto.

SKTY (Suomen kuntatekniikan yhdistys) 2003. Katu 2002 – kadunrakennuksen tekniset ohjeet. Jyväskylä: Gummerus.

Tervahattu, H.; Kupiainen, K. & Räisänen, M. 2005. Tutkimuksia katupölyn koostumuksesta ja lähteistä. Helsinki: Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV). Saatavissa myös
http://www.hsy.fi/seututieto/Documents/YTV_julkaisusarja/PJS_B_12_2005_katupoly.pdf.

Tiehallinto 2001. Teiden talvihoito – Menetelmätieto TIEH 2230006-01.

Trafi Liikenteen turvallisuusvirasto 2014. Talvirenkaat. Viitattu 28.11.2014
http://www.trafi.fi/autoilu/auton_kaytto/auton_renkaat/talvirenkaat.

Turun kaupunki 2007a. Katujen kunnossa- ja puhtaanapito. Viitattu 24.11.2014
<http://www.turku.fi/public/default.aspx?nodeid=11897&culture=fi-fi&contentlan=1>.

Turun kaupunki 2014a. Katujen puhdistussuunnitelmat. Viitattu 26.11.2014
<http://www.puhdistussuunnitelmat.fi/turku/>.

Turun kaupunki, Kiinteistöliikelaitos. Tilaajan tehtäväkortit 2013. 1510, 1520, 1530, 1540, 1620 ja 1630.

Työterveyslaitos 2012. Kansainväliset kemikaalikortit. ICSC 0020, 0052 ja 0056. Viitattu 2.12.2014 <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/>.

Valtioneuvoston asetus aluehallintovirastojen maksuista vuosina 2012 ja 2013 1572/2011.

Valtioneuvoston asetus aluehallintovirastojen maksuista vuosina 2014 ja 2015 1092/2013.

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. Maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien kynnys- ja ohjearvot.

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006.

Ympäristöministeriö 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. Helsinki. Saatavissa www.ym.fi > Ajankohtaista > Julkaisut > Ympäristöhallinnon ohjeita (OH).

Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

Hiekoitussepinäytteet

Näytteet vanhasta hiekoitussepelistä otettiin kevätharjausten yhteydessä pysäköintialueella olevasta vanhan hiekoitussepin välivarastointikasasta. Näytteitä otettiin 8 (A–D) siten, että pinnalta otettiin ensimmäinen näyte (esim. A1), jonka jälkeen samasta kohdasta otettiin toinen näyte noin 20 cm:n syvyydeltä kasan pinnasta (esim. A2). Välivarastointikasa oli mitoiltaan noin 10 x 10 metriä ja korkeudeltaan noin 4 metriä. Hiekoitussepeä oli tuotu varastokasaan eri aikoihin ja eri kuormissa, jolloin osa kasasta oli altistunut sateelle ennen näytteiden ottoa. Uudesta hiekoitussepelistä otettiin myös vertailunäyte E uuden hiekoitussepin kuivavarastosta Rieskalähteentielle.

Näytteet	Vanha hiekoitussepe, 8 näytettä + 1 vertailunäyte
Päivämäärä	8.5.2013
Paikka	Välivarastointikasa: pysäköintialue, Kuralankatu 6, Turku

Näyte	Näytteenottokohdan kuvailu
A	Pinnalta melko puhdasta hienoaineksista. Roskat olivat lehtiä, havunneulasia ja oksanpätkiä. Pinta mahdollisesti sateen huuhtomaa.
B	Ulkonäöltään paljon ruskeampaa ja mahdollisesti enemmän hienoainesta sisältävää. Roskat samankaltaisia kuin näytteessä A. Sade tuskin huuhtonut tätä kohtaa.
C	Huomattavan roskaista pinnalta, vaikka sade lienee huuhtellut kasan.
D	Jonkin verran roskaa pinnassa. Sade huuhtonut kasaa.
E	Vertailunäyte uudesta hiekoitussepelistä. Näyte otettu 22.5.2013 hiekoitussepin kuivavarastosta.

Näytteiden vesipitoisuus

Käytetty hiekoitusseppi: näytteet A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ja D2. Uusi hiekoitusseppi: näyte E.

Näytteiden uunikuivaus ja punnitus

Paikka: Turun AMK:n maalaboratorio
Pvm: 11.6.2013
Vaaka: Kern FKB

m_w = kostean näytteen massa
 m_d = uunikuivatun näytteen massa
 w = vesipitoisuus

A1	m_w	1159,2 g
	m_d	1156,0 g
	w	3,2 g 0,3 %

A2	m_w	1176,4 g
	m_d	1148,6 g
	w	27,8 g 2,4 %

B1	m_w	985,0 g
	m_d	982,4 g
	w	2,6 g 0,3 %

B2	m_w	1132,8 g
	m_d	1104,2 g
	w	28,6 g 2,6 %

C1	m_w	1024,2 g
	m_d	1021,8 g
	w	2,4 g 0,2 %

C2	m_w	1026,0 g
	m_d	983,6 g
	w	42,4 g 4,3 %

D1	m_w	1109,6 g
	m_d	1107,2 g
	w	2,4 g 0,2 %

D2	m_w	1016,8 g
	m_d	985,8 g
	w	31,0 g 3,1 %

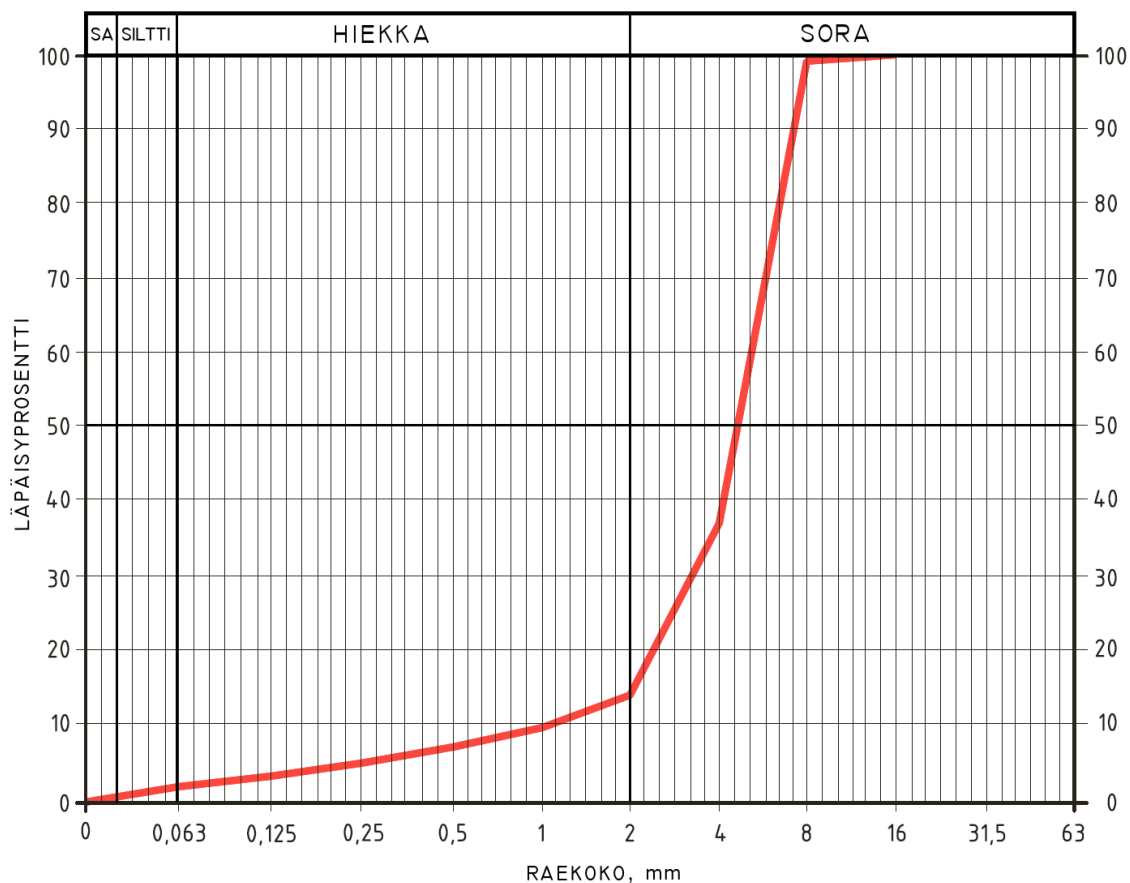
E	m_w	971,6 g
	m_d	969,0 g
	w	2,6 g 0,3 %

Näytteiden seulontatulokset ja rakeisuuskäyrät

Käytetty hiekoitusseppi: näytteet A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ja D2. Uusi hiekoitusseppi: näyte E. Vaaka: Kern EW

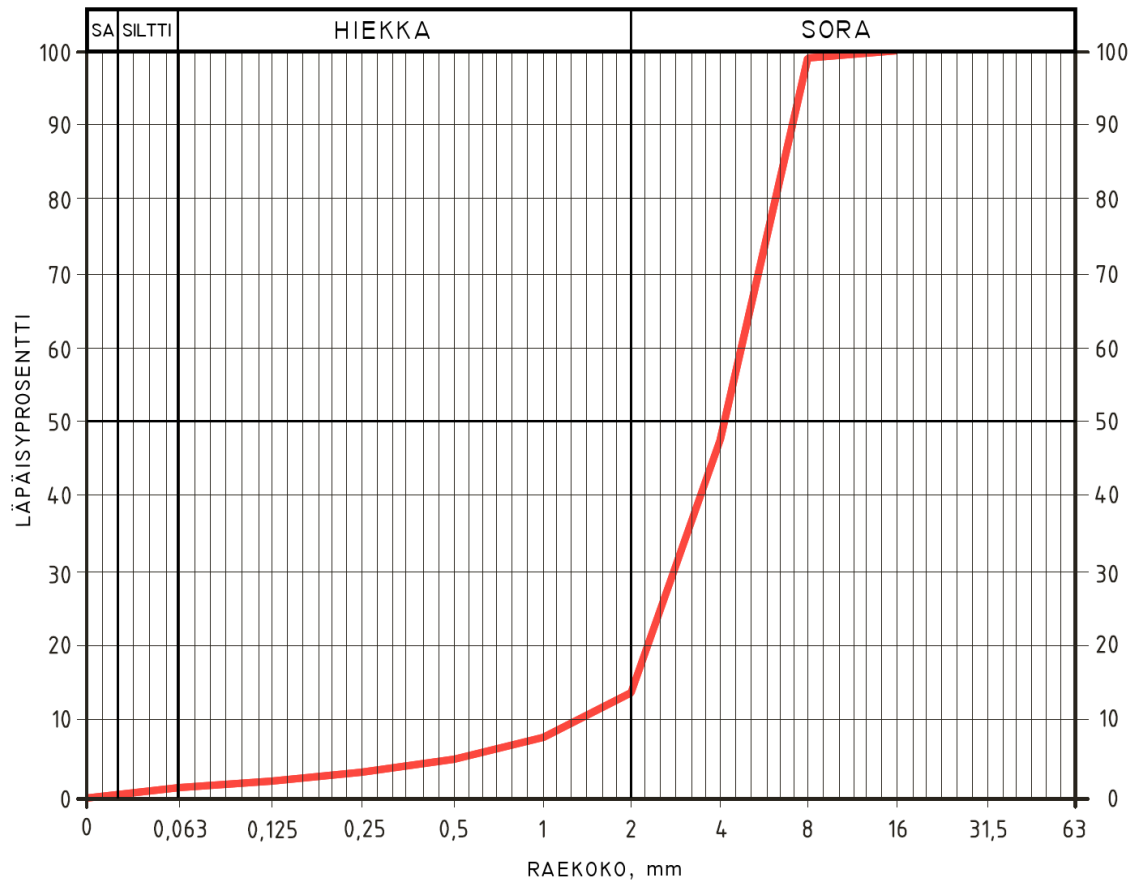
Näyte A1

Näyte:	A1	Seulottu:	12.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	1156,0 g
Paikka:	Kurala	Seulontahäviö:	1,2 g
	(välivarastointialue)	Vesipitoisuus:	0,3 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	6,2	0,5	99,5
4	733,4	63,5	36,0
2	257,4	22,3	13,7
1	47,6	4,1	9,5
0,5	31,8	2,8	6,8
0,25	23,8	2,1	4,7
0,125	20,0	1,7	3,0
0,063	15,4	1,3	1,7
Pohja	19,2	1,7	0
Yhteensä	1154,8	100	



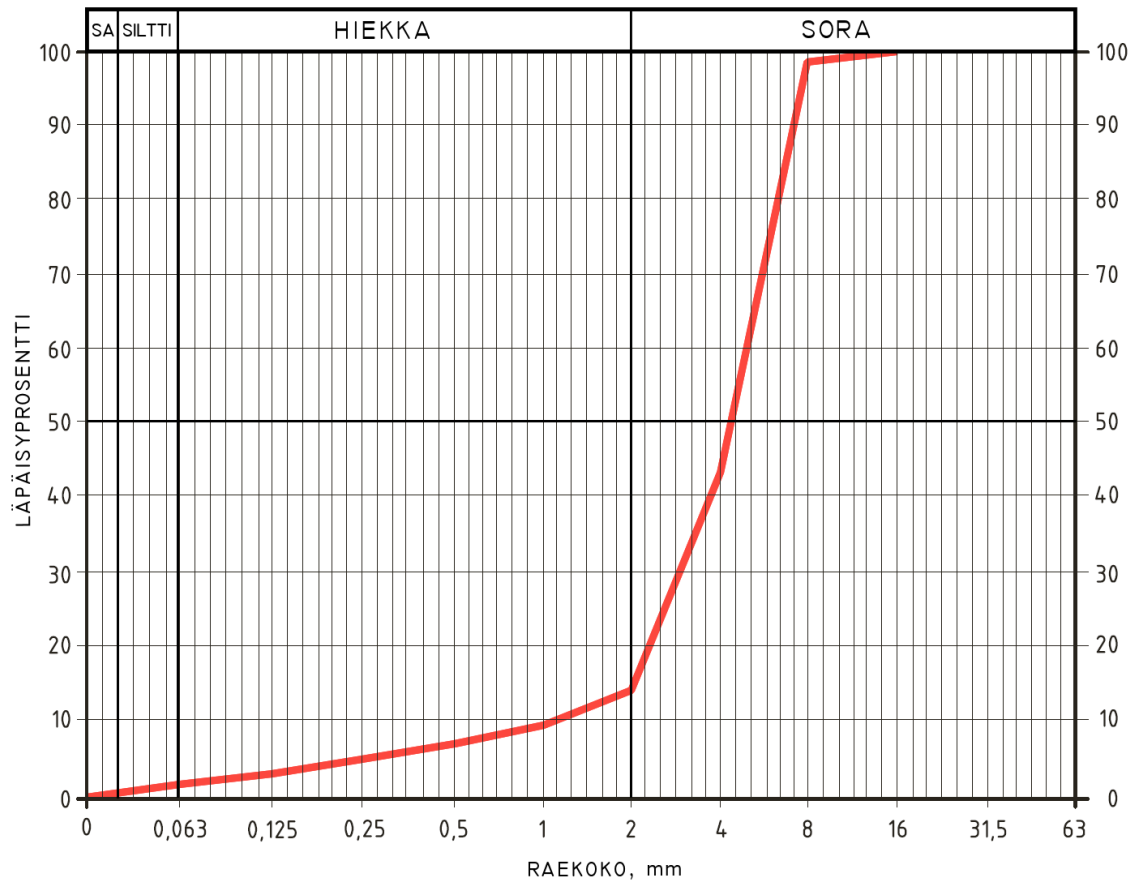
Näyte A2

Näyte:	A2	Seulottu:	12.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	1148,6 g
Paikka:	Kurala (välivarastointialue)	Seulontahäviö:	0 g
		Vesipitoisuus:	2,4 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	8,6	0,7	99,3
4	609,2	53,0	46,2
2	376,8	32,8	13,4
1	66,8	5,8	7,6
0,5	32,8	2,9	4,7
0,25	19,0	1,7	3,1
0,125	13,4	1,2	1,9
0,063	9,6	0,8	1,1
Pohja	12,4	1,1	0
Yhteensä	1148,6	100	



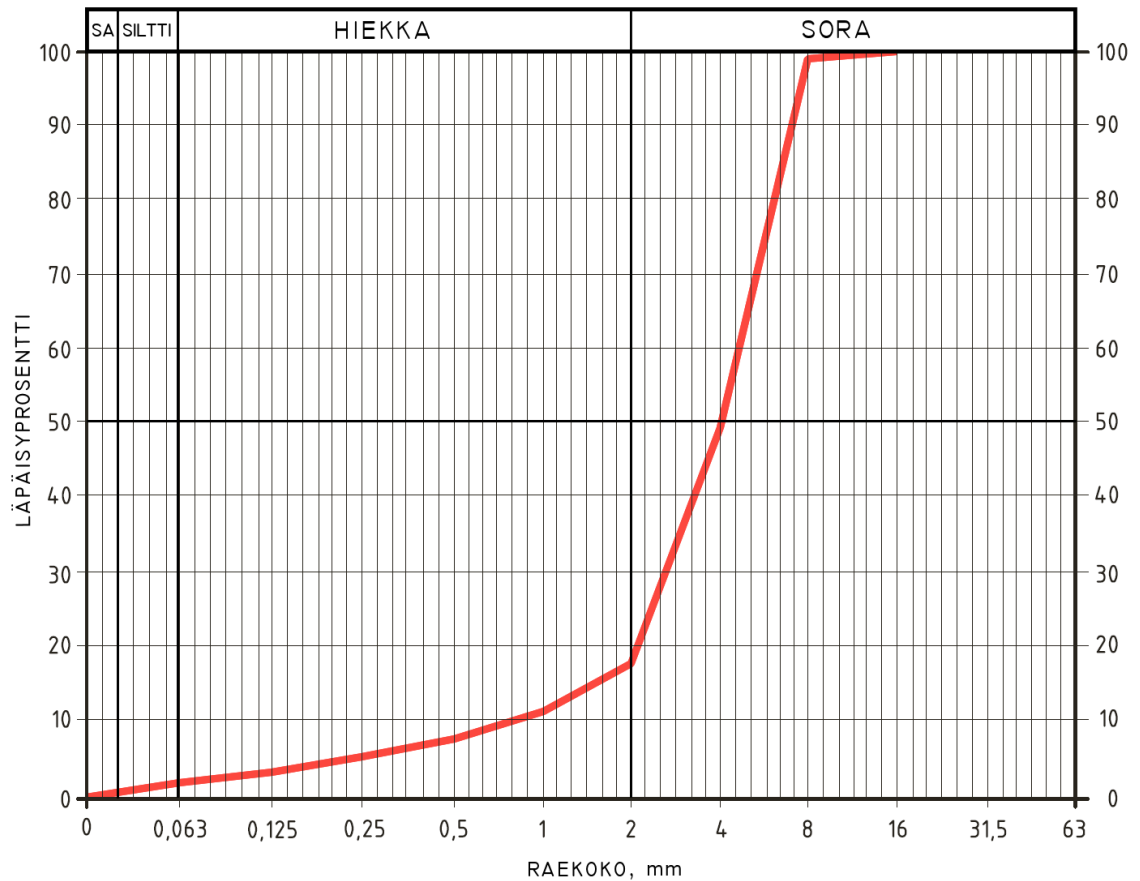
Näyte B1

Näyte:	B1	Seulottu:	13.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	982,4 g
Paikka:	Kurala (välivarastointialue)	Seulontahäviö:	0,6 g
		Vesipitoisuus:	0,3 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	10,4	1,1	98,9
4	554,0	56,4	42,5
2	282,6	28,8	13,7
1	44,8	4,6	9,2
0,5	24,4	2,5	6,7
0,25	19,9	2,0	4,7
0,125	18,0	1,8	2,8
0,063	12,7	1,3	1,5
Pohja	15,0	1,5	0
Yhteensä	981,8	100	



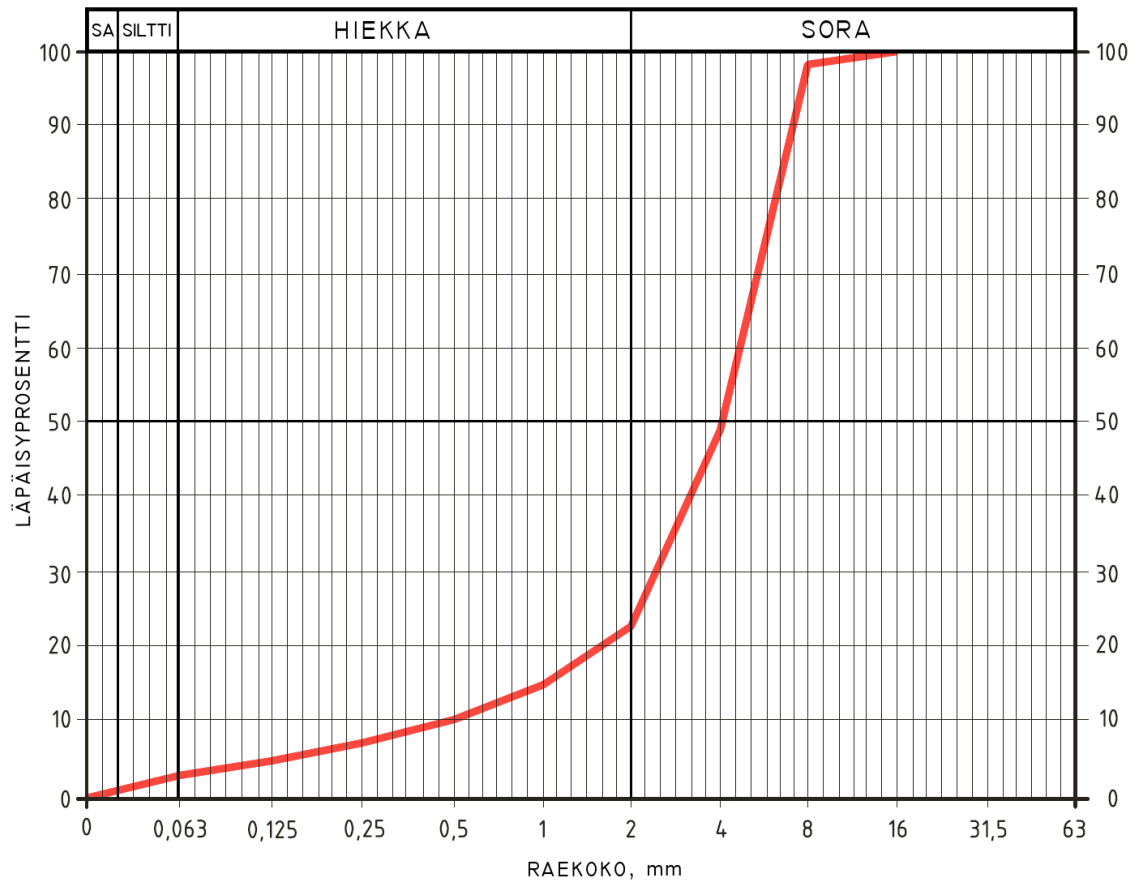
Näyte B2

Näyte:	B2	Seulottu:	13.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	1104,2 g
Paikka:	Kurala (välivarastointialue)	Seulontahäviö:	1,0 g
		Vesipitoisuus:	2,6 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	8,6	0,8	99,2
4	547,7	49,6	49,6
2	356,6	32,3	17,2
1	70,1	6,4	10,9
0,5	38,5	3,5	7,4
0,25	26,9	2,4	5,0
0,125	20,9	1,9	3,1
0,063	15,2	1,4	1,7
Pohja	18,7	1,7	0
Yhteensä	1103,2	100	



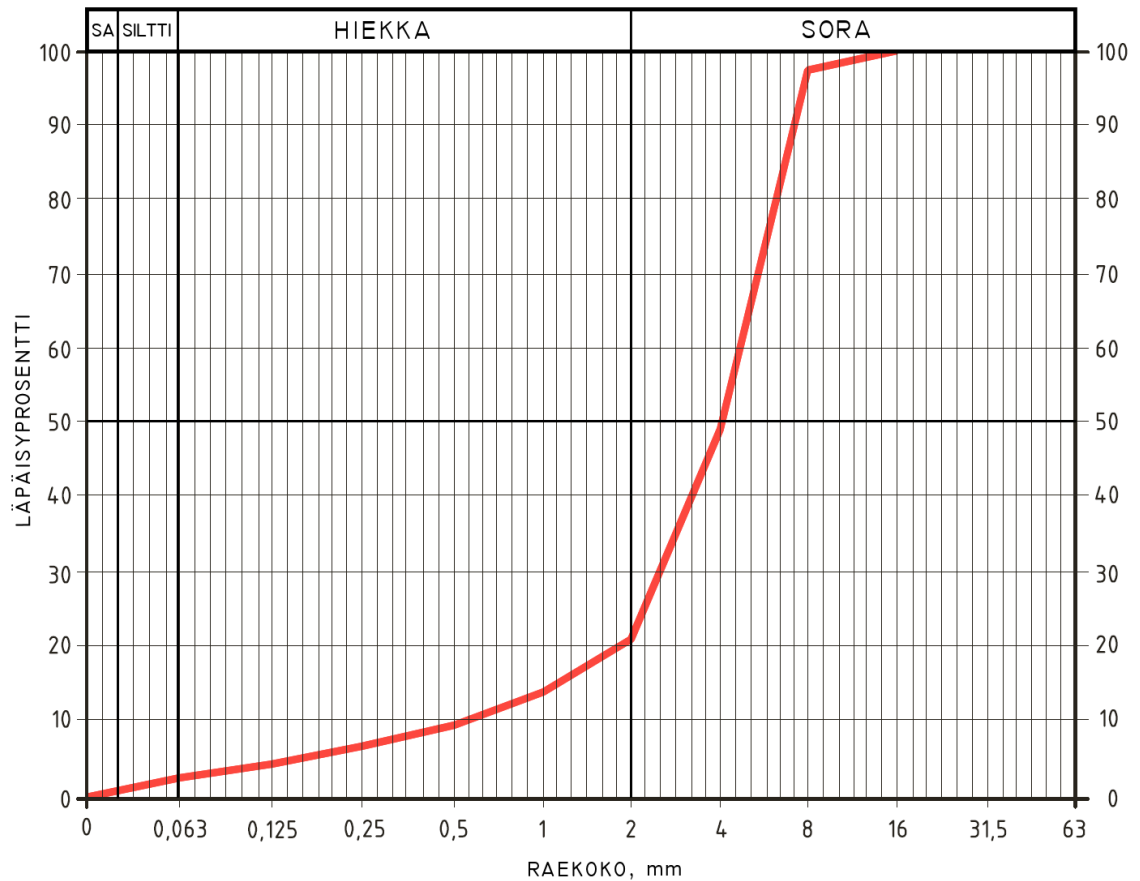
Näyte C1

Näyte:	C1	Seulottu:	13.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	1021,8 g
Paikka:	Kurala (välivarastointialue)	Seulontahäviö:	1,3 g
		Vesipitoisuus:	0,2 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	14,2	1,4	98,6
4	507,8	49,8	48,8
2	272,7	26,7	22,1
1	78,1	7,7	14,5
0,5	45,5	4,5	10,0
0,25	31,5	3,1	6,9
0,125	25,4	2,5	4,4
0,063	19,9	2,0	2,5
Pohja	25,4	2,5	0
Yhteensä	1020,5	100	



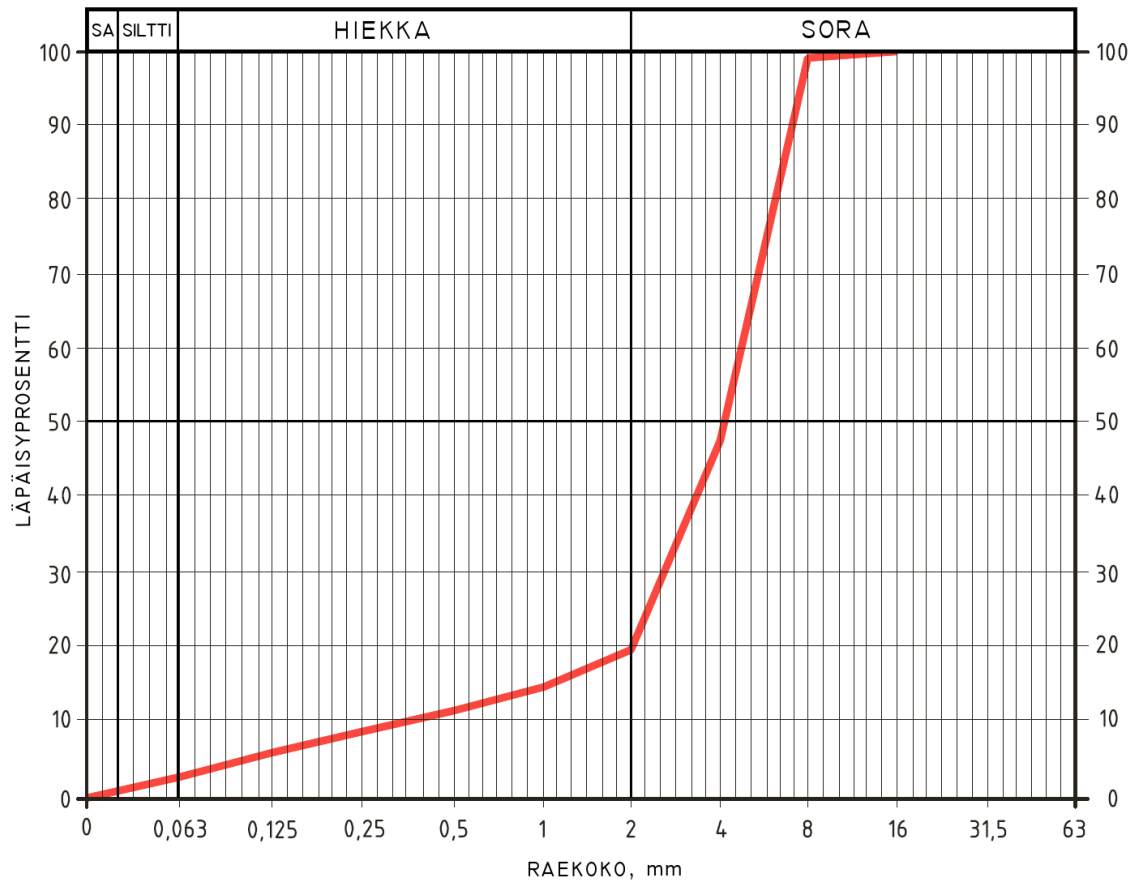
Näyte C2

Näyte:	C2	Seulottu:	13.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	983,6 g
Paikka:	Kurala (välivarastointialue)	Seulontahäviö:	1,3 g
		Vesipitoisuus:	4,3 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	23,7	2,4	97,6
4	484,4	49,3	48,3
2	273,6	27,9	20,4
1	67,8	6,9	13,5
0,5	40,8	4,2	9,4
0,25	28,8	2,9	6,4
0,125	23,4	2,4	4,1
0,063	17,2	1,8	2,3
Pohja	22,6	2,3	0
Yhteensä	982,3	100	



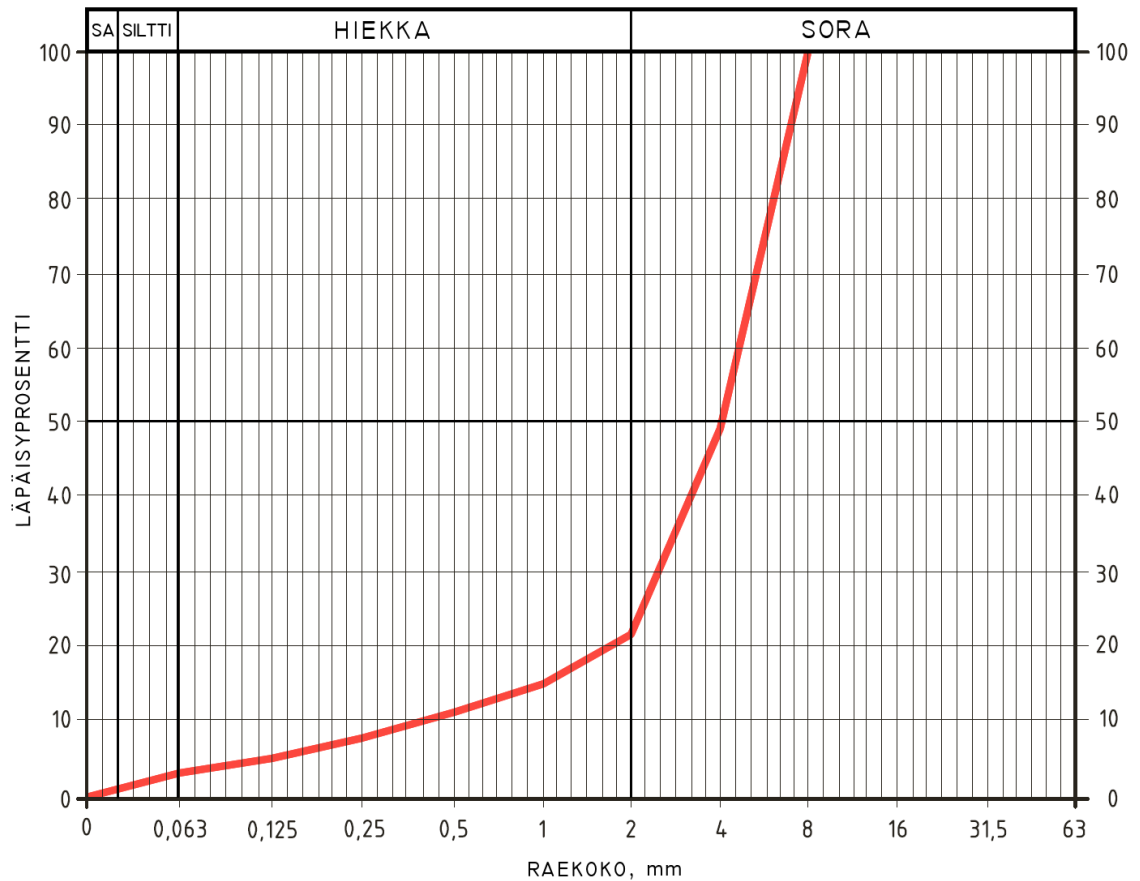
Näyte D1

Näyte:	D1	Seulottu:	14.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	1107,2 g
Paikka:	Kurala (välivarastointialue)	Seulontahäviö:	1,6 g
		Vesipitoisuus:	0,2 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	7,9	0,7	99,3
4	572,7	51,8	47,5
2	305,6	27,6	19,8
1	64,3	5,8	14,0
0,5	34,7	3,1	10,9
0,25	29,8	2,7	8,2
0,125	29,9	2,7	5,5
0,063	25,1	2,3	3,2
Pohja	35,6	3,2	0
Yhteensä	1105,6	100	



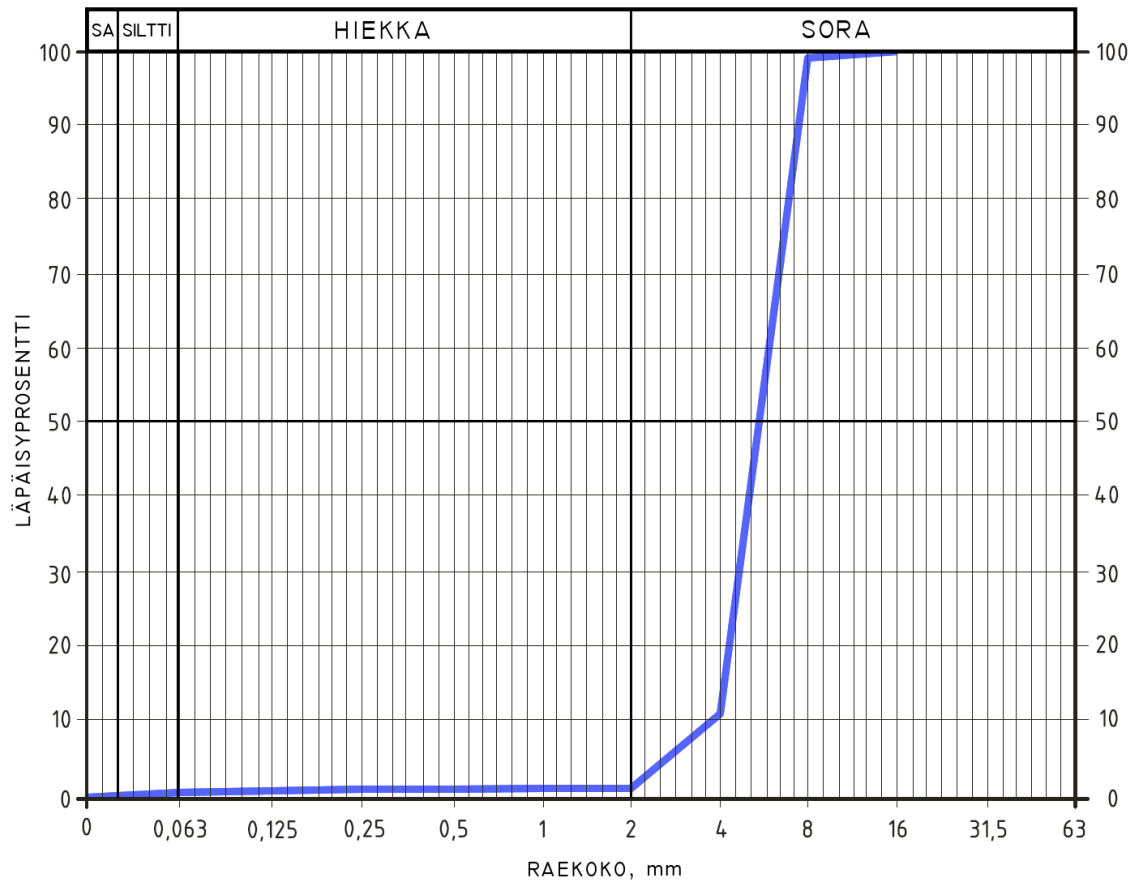
Näyte D2

Näyte:	D2	Seulottu:	14.6.2013
Otettu:	8.5.2013	Massa:	985,8 g
Paikka:	Kurala (välivarastointialue)	Seulontahäviö:	0,9 g
		Vesipitoisuus:	3,1 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	0,4	0	100
4	499,5	50,7	49,2
2	276,0	28,0	21,2
1	64,5	6,5	14,7
0,5	39,6	4,0	10,7
0,25	29,7	3,0	7,6
0,125	26,5	2,7	4,9
0,063	21,0	2,1	2,8
Pohja	27,8	2,8	0
Yhteensä	984,9	100	



Näyte E

Näyte:	E (uusi sepeli)	Seulottu:	14.6.2013
Otettu:	22.5.2013	Massa:	969,0 g
Paikka:	Rieskalähteentie (varasto)	Seulontahäviö:	0 g
		Vesipitoisuus:	0,3 %
Seula	Seulalle jäi		Läpäisi
# mm	g	%	%
16	0	0	100
8	6,8	0,7	99,3
4	859,9	88,7	10,6
2	93,3	9,6	0,9
1	0,5	0,0	0,9
0,5	0,3	0,0	0,8
0,25	0,7	0,1	0,8
0,125	1,6	0,2	0,6
0,063	2,0	0,2	0,4
Pohja	4,0	0,4	0
Yhteensä	969,0	100	



Hiekoitussepin kuluneisuus

A: uutta hiekoitussepiä
B: käytettyä hiekoitussepiä

Mittakaava: 10 sentin kolikko.



Näytteiden raskasmetallianalyysin tulokset


NOVALAB OY

1(1)

TUTKIMUSTODISTUS

Tilaus: 1402020
Pvm: 11.6.2014

Tilauksen nimi: **Maa, 001, Kuralan väliavarastointipaikka, Turku**

Näytetunnus		14MN 1195	14MN 1196	14MN 1197	14MN 1198		
Näytteen nimi		A 2	B 2	C 2	D 2		
Näytteen saapumispäivä		27.05.2014	27.05.2014	27.05.2014	27.05.2014		
Näytteen aloituspäivä		27.05.2014	27.05.2014	27.05.2014	27.05.2014		
Näytteen valmistuspäivä		04.06.2014	04.06.2014	04.06.2014	04.06.2014		
Määritykset							
Kuiva-aine	%	99,8	99,7	99,7	99,7		Novalab 010
Arseeni (As)	mg/kg	4,6	6,8	7,1	3,4		Novalab 068*
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		Novalab 068*
Koboltti (Co)	mg/kg	6,6	6,6	6,6	6,8		Novalab 068*
Kromi (Cr)	mg/kg	50	51	45	54		Novalab 068*
Kupari (Cu)	mg/kg	36	210	33	33		Novalab 068*
Elohopea (Hg)	mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		Novalab 068*
Nikkeli (Ni)	mg/kg	18	19	17	19		Novalab 068*
Lyijy (Pb)	mg/kg	2,0	2,1	4,3	11		Novalab 068*
Antimoni (Sb)	mg/kg	0,98	0,85	1,1	1,3		Novalab 068*
Vanadiini (V)	mg/kg	54	52	50	62		Novalab 068*
Sinkki (Zn)	mg/kg	84	86	89	100		Novalab 068*

Novalab Oy

Matti Mäkelä
Laboratorion johtaja

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

Jakelu

*Akkreditoitu menetelmä. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tulokset pätevät vain testatuille näytteille. Raporttia ei saa kopioida osittain ilman testauslaboratorion lupaa. Analyysien mittausepävarmuudet ovat saatavilla pyydettyäessä.

Toimisto ja laboratorio
Lepolantie 9
FI-03600 Karkkila
Finland

puh (09) 2252 860
fax (09) 2252 8660
www.novalab.fi

Pankki
Länsi-Uudenmaan Op
Karkkila
FI43 5297 2820 0007 16

Y-tunnus 0733227-8
Kotipaikka Karkkila
Alv.rek.

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007, liite

MAAPERÄN HAITALLISTEN AINEIDEN PITOISUUKSIEN KYNNYS- JA OHJEARVOT

Tässä liitteessä esitetään eräiden yleisesti esiintyvien maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien kynnys- ja ohjearvot maaperässä kokonaispitoisuutena kuiva-ainetta kohti. Epäorgaanisten aineiden kynnys- ja ohjearvoja verrataan alle 2 mm raekoosta mitattuun tulokseen. Jos on syytä epäillä muiden kuin tässä liitteessä esitettyjen haitallisten aineiden esiintymistä maaperässä taikka epäorgaanisten aineiden esiintymistä yli 2 mm raekoossa tai tavanomaista haitallismassa muodossa, myös nämä on otettava huomioon maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa.

Ohjearvot on määritelty joko ekologisten riskien (e) tai terveysriskien (t) perusteella. Jos pohjaveden pilaantumisriski on tavanomaista suurempi alempaa ohjearvoa alhaisemmissa pitoisuuksissa, aineet on merkitty p-kirjaimella.

Maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien vertailua kynnys- ja ohjearvoihin voidaan tehdä yksittäisten mitattujen pitoisuuksien lisäksi alueen erilaisia pitoisuusjakaumia kuvaavien tilastollisten tunnuslukujen avulla, jos käytössä on tilastolliseen käsittelyyn riittävä määrä mittaustuloksia ja tämä on arvioinnin kannalta muuten perusteltua.

Aine (symboli)	Luontainen pitoisuus ¹ mg/kg	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
<i>Metallit ja puolimetallit²</i>				
Antimoni (Sb) (p)	0,02 (0,01-0,2)	2	10 (t)	50 (e)
Arseeni (As) (p)	1 (0,1-25)	5	50 (e)	100 (e)
Elohopea (Hg)	0,005 (< 0,005-0,05)	0,5	2 (e)	5 (e)
Kadmium (Cd)	0,03 (0,01-0,15)	1	10 (e)	20 (e)
Koboltti (Co) (p)	8 (1-30)	20	100 (e)	250 (e)
Kromi (Cr)	31 (6-170)	100	200 (e)	300 (e)
Kupari (Cu)	22 (5-110)	100	150 (e)	200 (e)
Lyijy (Pb)	5 (0,1-5)	60	200 (t)	750 (e)
Nikkeli (Ni)	17 (3-100)	50	100 (e)	150 (e)
Sinkki (Zn)	31 (8-110)	200	250 (e)	400 (e)
Vanadiini (V)	38 (10-115)	100	150 (e)	250 (e)
<i>Muut epäorgaaniset</i>				
Syanidi (CN)		1	10	50
<i>Aromaattiset hiilivedyt</i>				
Bentseeni (p)		0,02	0,2 (t)	1 (t)
Tolueeni (p)			5 (t)	25 (t)
Etyyliibentseeni (p)			10 (t)	50 (t)
Ksyleeni ³ (p)			10 (t)	50 (t)
TEX ⁴		1		
<i>Polyaromaattiset hiilivedyt</i>				
Antraseeni		1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)antraseeni		1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)pyreeni		0,2	2 (t)	15 (e)
Bentso(k)fluoranteeni		1	5 (e)	15 (e)
Fenantreeni		1	5 (e)	15 (e)
Fluoranteeni		1	5 (e)	15 (e)
Naftaleeni		1	5 (e)	15 (e)
PAH ⁵		15	30 (e)	100 (e)
<i>Polyklooratut bifenyylit (PCB) sekä polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja furaanit (PCDD/F)</i>				
PCB ⁶		0,1	0,5 (t)	5 (e)
PCDD-PCDF-PCB ⁷		0,0001	0,0001 (t)	0,0015 (e)

Aine (symboli)	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
<i>Klooratut alifaattiset hiilivedyt</i>			
Dikloorimetaani (p)	0,01	1 (t)	5 (t,e)
Vinyylikloridi (p)	0,01	0,01 (t)	0,01 (t)
Dikloorieteenit ³ (p)	0,01	0,05 (t)	0,2 (t)
Trikloorieteeni (p)	0,01	1 (e,t)	5 (e)
Tetrakloorieteeni (p)	0,01	0,5 (t)	2 (t)
<i>Klooribentseenit</i>			
Triklooribentseenit ³	0,1	5 (t)	20 (e)
Tetraklooribentseenit ³	0,1	1 (t)	5 (e)
Pentaklooribentseeni	0,1	1 (t)	5 (e)
Heksaklooribentseeni	0,01	0,05 (t)	2 (e)
<i>Kloorifenolit</i>			
Monokloorifenolit ³ (p)	0,5	5 (e,t)	10 (e)
Dikloorifenolit ³ (p)	0,5	5 (t)	40 (e)
Trikloorifenolit ³ (p)	0,5	10 (e,t)	40 (e)
Tetrakloorifenolit ⁴ (p)	0,5	10 (e,t)	40 (e)
Pentakloorifenoli (p)	0,5	10 (e,t)	20 (e)
<i>Torjunta-aineet ja biosidit</i>			
Atratsiini (p)	0,05	1 (e)	2 (e)
DDT-DDD-DDE ⁸	0,1	1 (e)	2 (e)
Dieldriini	0,05	1 (e)	2 (e)
Endosulfaani ⁹ (p)	0,1	1 (e)	2 (e)
Heptakloori	0,01	0,2 (t)	1 (e)
Lindaani (p)	0,01	0,2 (t)	2 (e)
TBT-TPT ¹⁰	0,1	1 (e)	2 (e)
<i>Öljyhiilivetyjakeet ja oksygenaattit</i>			
MTBE-TAME ¹¹	0,1	5 (t)	50 (t)
Bensiinijakeet (C5-C10 ¹²)		100	500
Keskitisleet (>C10-C21 ¹²)		300	1000
Raskaat öljyjakeet (>C21-C40 ¹²)		600	2000
Öljyjakeet (>C10-C40 ¹²)	300		

-
- ¹ Moreenin hienoaineksen luontaisen pitoisuuden mediaani ja vaihteluväli kuningasvesiuutolla määritettynä, paitsi elohopea pyrolyttisesti määritettynä. Kohdekohtaisissa tarkasteluissa tulee ottaa huomioon, että erityisesti savissa luontaiset pitoisuudet voivat olla selvästi suurempia kuin moreenista mitatut pitoisuudet.
- ² Ekologisin perustein määritellyt metallien ja puolimetallien ohjearvot on johdettu lisäämällä aineen hyväksyttävää ekologista riskiä kuvaavaan laskennalliseen pitoisuuteen mineraalimaan keskimääräinen luontainen pitoisuus. Vastaavasti voidaan kohdekohtaisissa tarkasteluissa ottaa huomioon alueen maaperän luontainen pitoisuus, jos tämä on luotettavasti selvitetty.
- ³ Summapitoisuus sisältäen aineen rakenneisomeerit.
- ⁴ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleeni.
- ⁵ PAH- yhdisteiden summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: antraseeni, asenafteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni.
- ⁶ Summapitoisuus sisältäen PCB-kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.
- ⁷ Summapitoisuus WHO:n toksisuusekvivalenttina ilmoitettuna sisältäen PCDD/F-yhdisteet sekä dioksiinien kaltaiset PCB-yhdisteet.
- ⁸ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: diklooridifenyylitrikloorietaani (DDT), diklooridifenyylidikloorietaani (DDD) ja diklooridifenyylidikloorietyleni (DDE).
- ⁹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: alfa-endosulfaani ja beta-endosulfaani.
- ¹⁰ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tributyyliitina (TBT) ja trifenyylitina (TPT).
- ¹¹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: metyyli-*tert*-butyylietteri (MTBE) ja *tert*-amyylimetyylietteri (TAME).
- ¹² n-parafiinisarja kaasukromatografisessa analyysissä.